38





سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

تكنولوجيا الطاقة البديلة

تأليف

د. سعود يوسف عياش



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

38

تكنولوجيا الطاقة البديلة

تأليف

د. سعود يوسف عياش



فبراير 1981

المحتوى

تقديم	5
مقدمة	7
الفصل الأول: **وضع الطاقة على الصعيد العالي**	**11**
الفصل الثاني: **الطاقة الهوائية**	**35**
الفصل الثالث: **الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات**	**53**
الفصل الرابع: **طاقة المد والجزر**	**75**
الفصل الخامس: **الطاقة الجيوحرارية**	**99**
الفصل السادس: **مصادر أخرى للطاقة البديلة**	**121**
الفصل السابع: **الطاقة الشمسية**	**149**
الفصل الثامن: **حفظ الطاقة وصيانتها**	**247**
الفصل التاسع: **خصائص المصادر البديلة**	**273**

تقديم

أقدم لجمهور قراء سلسلة عالم المعرفة كتاب تكنولوجيا الطاقة البديلة آملاً أن يجدوا فيه ما يفيد من المعلومات والآراء والأفكار والمواضيع حول مسألة تعدى الاهتمام بها الكثير من الأطر التقليدية لتصبح أمرا مهما بالنسبة للجميع.

إن مجموعة الآراء والأفكار والمواضيع الواردة في هذا الكتاب هي نتاج بحث واطلاع على العديد من المصادر العلمية، ووليدة مناقشات وتبادل آراء مع العديد من الأكاديميين والمهتمين بموضوع الطاقة البديلة من جوانبها المختلفة، وثمرة علاقة مهنية عملية ببعض مصادر الطاقة البديلة.

وغني عن القول أنني أتحمل مسؤولية الآراء والأفكار المطروحة في هذا الكتاب مع أنها ليست نتاج جهد ذاتي فقط. ومع تحمل هذه المسؤولية فإني أتوجه بالشكر والعرفان لكل من أسهموا بشكل مباشر وغير مباشر في إغناء وإثراء وصقل المفاهيم والأفكار المطروحة في هذا الكتاب. ولهذا أود أن أسجل شكري وتقديري للأستاذ زهير الكرمي من شركة فواز للتبريد، والدكتور عبد علي الصايغ أستاذ الهندسة الميكانيكية في جامعة الرياض، والدكتور عبد الإله أبو عياش من جامعة الكويت، والبروفسور دافيد ماكوم أستاذ الهندسة الميكانيكية في جامعة أدنبرة-اسكتلنده. كما لا يفوتني أن أتوجه بالشكر إلى الزملاء في قسم الطاقة بمعهد الكويت للأبحاث العلمية والى العاملين في مركز المعلومات

في المعهد على ما قدموه من مساعدة أثناء إعداد هذا الكتاب. والله الموفق.

د. سعود عياش

أكتوبر 1980 م-الكويت

مقدمه

لم يعد موضوع الطاقة أمرا يقتصر الاهتمام به على الأكاديميين وذوي الاختصاص وصانعي القرارات الاقتصادية والسياسية بل إنه تعدى تلك الأطر ليصبح موضع اهتمام الجميع بغض النظر عن مواقعهم الوظيفية والاجتماعية. ولا غرابة في أن يتوسع الاهتمام بموضوع الطاقة بهذا الشكل ذلك أننا كأفراد أصبحنا معنيين بمستقبل موارد الطاقة في مناطق تواجدنا بشكل خاص وفي العالم بشكل عام. فلم تعد الطاقة تؤثر في مستوى رفاهنا اليومي وطريقة تصريف أمورنا الحياتية فقط بل إنها تتخذ أهمية اكثر شمولا تتعلق بالقضايا المصيرية للمجتمعات المختلفة.

وقد برز الاهتمام بموضوع الطاقة في العقود القليلة الماضية غير أنه لم يتخذ طابعه الشمولي سوى خلال عقد السبعينات، وتحديدا عشية التطورات التي شهدها وضع الطاقة العالمي في أواخر عام 1973 م. وقد تأكد للجميع عقب تلك التطورات أن المسألة ليست مرتبطة بتغير أسعار النفط والغاز بل إنها أكثر أهمية من ذلك وتتعلق بقدرة المخزون الاحتياطي من هذه المصادر، وغيرها من المصادر القابلة للنفاذ، على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة من جانب دول العالم المختلفة. لقد بدأ الأمر آنذاك وكأن العالم قد صحا من حلم جميل ليواجه حقائق لا مهرب منها.

وكانت النتيجة المنطقية لتلك الصحوة أن أخذ

العالم يبحث عن حلول بديلة على أمل أن يعيش فترة انتقالية يستطيع أثناءها الانتقال من الاعتماد على المصادر الأحفورية للطاقة إلى الاعتماد على مصادر أكثر ديمومة وأقل تلويثا للبيئة. ولم يكن في جعبة الإنسان سوى العودة إلى الأيام الماضية السعيدة ليعيد اكتشاف كيف تمكنت الأجيال الماضية من العيش قرونا طويلة دون نفط ولا غاز ولا فحم. وفي بحثه هذا لم يجد الإنسان بدا من العودة إلى الطبيعة الأم محاولا تطويع معطياتها الخيرة وتسخيرها لخدمة استمرار تطوره الحضاري.

وقد يتساءل بعض الناس عن جدوى اهتمام هذه المنطقة بموضوع مصادر الطاقة البديلة في الوقت الذي تمتلك احتياطيا هائلا من النفط والغاز يكفيها قرونا قادمة. وفي الإجابة على هذا السؤال فإننا سنتجاوز أطر النقاش البراغماتي المتعلقة بالفرائد الاقتصادية ومصلحة الأجيال القادمة وغيرها من الأسباب المقنعة الأخرى لنصل إلى التأكيد على حقيقة أهم من ذلك بكثير وهي أن مستوى رقي الإنسان وتحضره مرتبط بشكل وثيق، يصل حد الإطلاق، بقدرته على التعامل مع المعطيات البيئية التي يعيش ضمنها وتطويع هذه المعطيات لخدمة أغراض تطوره ورقيه الحضاريين. فلم يحصل في التاريخ البشري أن استطاعت مجموعة بشرية العيش طويلا حين دخلت في حالة عداء مع بيئتها، ولن يكتب لأي مجموعة بشرية أن تحقق أيا من الإنجازات الحضارية إذا ما سارت على هذا الطريق.

ونذكر على سبيل المثال لا الحصر أنه حصل أن تبنينا في العقدين الماضيين-تحديدا-أنماطا من العمارة والبناء لا تتناغم وأبسط المعطيات البيئية التي نعيش فيها. وكانت النتيجة أننا ندفع الآن ثمنا غاليا على أصعدة مختلفة؛ منها اختفاء ذلك التراث المعماري العظيم الذي خلفه لنا الأوائل، وفقدان مدننا لشخصيتها التي طالما ميزتها عن باقي مدن العالم عبر التاريخ، وأخيرا، استنزاف بعض مواردنا من الطاقة لجعل الحياة ممكنة في بيوت وبنايات عيبها الأساسي أنها غريبة ومغتربة عن بيئتها.

من هذا المنطلق نرى ضرورة وأهمية التطرق إلى مصادر الطاقة البديلة كجزء من اهتمام أعم وأشمل بالبيئة ومعطياتها. وبهذا تسقط الكثير من الحواجز بين الفرد العادي والفرد المختص، ذلكم أن الأمور تطرح هنا ضمن بعدها الاجتماعي والبشري لا الأكاديمي المجرد فقط. وقد حاولنا

جهدنا أن نطرح المواضيع الواردة في هذا الكتاب ضمن هذا التصور دون الإجحاف بحقوق الحقائق العلمية مع عدم الغرق في الترف الأكاديمي.

يقع هذا الكتاب في تسعة فصول تغطي معظم مصادر الطاقة البديلة والمسائل المرتبطة بها. ففي الفصل الأول نتطرق إلى وضع الطاقة على الصعيد العالمي لنرى كيف تبدو الصورة حاليا واحتمالاتها المستقبلة لنصل في نهايته بضرورة البحث عن المصادر البديلة وتطويرها كمهمة ملحة وعاجلة. وفي الفصول الستة اللاحقة نتطرق إلى المصادر المختلفة للطاقة البديلة حيث نبدأ بالطاقة الهوائية فالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات فطاقة المد والجزر ثم الطاقة الحرارية ني باطن الأرض. ومن ثم نتطرق إلى المخلفات الحيوية ومحاصيل الطاقة والى الهيدروجين باعتباره وقودا مستقبليا. وأما في الفصل السابع فسنتطرق إلى موضوع الطاقة الشمسية بشكل مفصل. وقد عملنا على التوسع في موضوع الطاقة الشمسية لأهميته الكبرى وعلاقته بظروف المنطقة البيئية. وحاولنا أن نقدم موضوعا يصلح في تقديرنا لمن يود الاطلاع العام ولمن يرغب في معرفة تفاصيل أكثر حول الموضوع.

ويتناول الفصل الثامن موضوع حفظ الطاقة وصيانتها. وقد أفردنا فصلا خاصا لهذا الموضوع نظرا للأهمية المتزايدة التي يحظى بها. إن وضع الطاقة القائم في العالم يتطلب أقصى درجات العقلانية في التعامل مع مصادر الطاقة ويتطلب ضرورة التعامل معها من منطلق أن استهلاك الطاقة وسيلة لخدمة أغراض الإنسان وليس هدفا في حد ذاته. أما الفصل التاسع والأخير فيتناول بعض الخصائص العامة لمصادر الطاقة البديلة إضافة إلى التطرق إلى إمكانات ومجالات تطويرها المستقبلي.

وآمل أن يجد الكتاب قبولاً لدى جمهور القراء، والله الموفق.

١

وضع الطاقة على الصعيد العالمي

تقول الأسطورة اليونانية إن بروميثوس أعطى، سر النار للإنسان، وانه جزاء على فعلته هذه مازال مصلوبا على صخرة. ومنذ تلك اللحظة التي اكتشف أو تعلم الإنسان فيها سر النار وهو يسعى في طلب المزيد والمزيد مهنا كأنه لا حدود لاحتياجاته ومتطلباته من النار. والنار التي نقل بروميثوس سرها للإنسان ليست في الواقع إلا الطاقة، ومع إدراك الإنسان الأول لسر الطاقة وأهميتها في حياته تفتحت أمامه آفاق جديدة واسعة كانت تزيد من قدرته على تطويع المعطيات الطبيعية وتسخيرها لمصلحته، وتزيد في ذات الوقت من قدرته على السيطرة على الطبيعة وعلى الكائنات الحية فيها ليتحول تدريجيا إلى سيد للطبيعة وأقوى كائن حي فيها.

ولو جاز لنا أن نقرأ التاريخ البشري من وجهة نظر الطاقة لوجدنا أن الحضارة الأقوى في التاريخ هي تلك التي كانت تجيد استعمال الطاقة بشكل أكثر فاعلية وإنتاجا من الحضارات الأخرى، فالذين اكتشفوا النار في البداية كان باستطاعتهم حرق

مناطق أعدائهم والتغلب عليهم. وكان باستطاعتهم أيضا أن يصهروا المعادن لصناعة الأسلحة والأدوات للسيطرة على شعوب أخرى ودرء أخطار الكائنات الحية الأخرى بل وصيدها وزيادة مخزونهم من الطعام، والذين اكتشفوا قدرة الرياح على تحريك السفن الشراعية كان باستطاعتهم الانتقال والمتاجرة واكتشاف مناطق جديدة والسيطرة عليها وضمها إلى ممتلكاتهم ومناطق نفوذهم.

وتتضح لنا أهمية الطاقة في تشكيل التاريخ البشري إذا نظرنا إلى تاريخ العالم في القرون الثلاثة الماضية. ففي تلك الفترة كان الإنسان يدخل عصر استعمال الفحم الحجري كمصدر للطاقة بديلا عن الأخشاب، وقد تم للأمم التي تمتلك احتياطيا كبيرا من الفحم الحجري أن تتطور بسرعة أكبر من غيرها، وتم لإحدى هذه الأمم (بريطانيا) أن تبني إمبراطورية شاسعة وأن تصبح أقوى دول العالم، إلا أن اكتشاف النفط واستعماله كمصدر للطاقة إضافة إلى ما يتمتع به من ميزات على الفحم قد جعل منه سيد مصادر الطاقة وأعطى المتعاملين به إمكانات أوسع للتفوق على الآخرين. وهكذا ترافق صعود الولايات المتحدة كقوة عظمى في العالم مع اكتشافها للنفط واستخدامه. وفي العقود القليلة الماضية دخل الإنسان عصر الذرة الذي ظهر فيه عملاق آخر في العالم إلى جانب الولايات المتحدة ونقصد بذلك الاتحاد السوفيتي.

وبالطبع، لم يكن توفر الطاقة ومصادرها هو العامل الحاسم في التاريخ البشري إذ أن كل المصادر المعروفة للطاقة كانت موجودة في الطبيعة منذ قدوم الإنسان. بل إن العامل الحاسم والمهم كان وسيبقى قدرة الإنسان على استغلال هذه المصادر وتطويعها لخدمة أغراضه أيا كانت، عدوانية أو دفاعية، سلمية أو حربية، بناءة أو مدمرة. هكذا كانت الطاقة وهكذا ستبقى واحدة من معطيات الطبيعة التي يتعين على الإنسان استخدامها وتطويعها والتعامل معها وبالتأكيد فإن كيفية الاستخدام والتطويع والتعامل هي التي حددت ماضي الإنسان بل وستحدد مستقبله.

قلنا أن اكتشاف الإنسان للطاقة واستخدامها كان يزيد من معارفه ويوسع مداركه ويزيد من مستوى سيطرته على الطبيعة. وكان هذا في ذات الوقت يزيد من قدرات الإنسان على اكتشاف المزيد من مصادر الطاقة

الجديدة و يرفع من مستوى استخدامه للمصادر القديمة والحديثة. وهكذا فقد دخل موضوع الطاقة في سلسلة من الارتقاء كانت كل حلقة فيها تفتح الآفاق أمام الوصول إلى حلقات أخرى. فمثلا دخل الإنسان عصر الفحم الحجري في الفترة التي كانت فيها غابات أوروبا تضمحل وتتحسر رقعتها في بعض مناطقها وبشكل خاص في بريطانيا. وقد أدى اكتشاف الفحم الحجري إلى استمرار الثورة الصناعية في توسعها وتطورها. ومع أواخر القرن التاسع عشر حين كانت هناك بعض الأصوات التي تحذر من استنزاف الاحتياطي المؤكد من الفحم الحجري كان العالم يدخل عصر النفط. ولم تمض فترة قرن واحد من الزمان حتى كان الكثير من الأجراس تقرع منبهة إلى أن عصر النفط يقترب من نهايته ولابد من البحث عن مصادر بديلة. في تلك المرحلة-التي نشهد جزءا منها في يومنا هذا-دخل الإنسان عصر الطاقة النووية وازداد الحديث ليس فقط عن مصادر الطاقة بالانشطار النووي بل وعن تطوير تكنولوجيا الاندماج التي إن نجحت فستمنح الإنسان مصدرا من الطاقة يكاد يكون أبديا.

أدى التطور الارتقائي لمصادر الطاقة إلى تكوين قناعة عامة بأن العلم والتكنولوجيا لابد وأن يجدا مصادر جديدة للطاقة وانهما لن يعدما وسيلة لتقديم حل للأزمات التي قد يواجهها الإنسان، وقد تبدو هذه الفكرة وسادة مريحة نضع عليها رؤوسنا ونريحها من عناء التفكير بمشكلة العصر التي هي محدودية مصادر الطاقة الحالية، وتحديدا مصادر الطاقة الاحفورية من. فحم وغاز ونفط. غير أنه لم يعد بوسعنا أن نغمض أعيننا عن محدودية مصادر الطاقة الحالية ولا أن نضع كل البيض في سلة العلم والتكنولوجيا.

وحين يتحدث أحد العلماء عن طاقة الاندماج النووي كحل لأزمة الطاقة فانه يقصد في الواقع خلق شموس صغيرة الحجم جدا على الأرض تصل درجة حرارة بعضها إلى مائة مليون درجة، وبعبارة أخرى فانه يقصد خلق جهنم أرضية لحل أزمة الطاقة.

والسؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو: لماذا يلجأ الإنسان إلى صنع«جهنم»صغيرة ؟ والجواب: كي يستمر«النعيم»الأرضي. فالإنسان يرى نهايات الطرق والسبل المتاحة أمامه لأرواء عطشه من الطاقة، ألا أنه يرى في ذات الوقت طريقا واحدا لا نهاية له وهو صنع تلك »الجهنم« الصغيرة

المتمثلة بمفاعل الاندماج النووي.

وسنقوم في هذا الفصل بالتطرق إلى وضع الطاقة على الصعيد العالمي وتحديد ملامح الصورة كما يراها ذوو الاختصاص. وسننظر إلى آفاق مصادر الطاقة الحالية الشائعة الاستعمال والزمن الذي يمكنها أن تصحبنا أو أن نصحبها فيه. وفي خلال هذه الفترة سيتعين على الإنسان اختيار الطريق الذي سيسلكه لتأمين حاجته من الطاقة في المستقبل. وسنتطرق إلى وضع الطاقة على الصعيد العالمي بمعالجة الجوانب التالية:

* المصادر الحالية للطاقة.
* الاستهلاك الحالي والمستقبلي للطاقة.
* المخزون التقديري من الطاقة.
* المصادر المستقبلة والبديلة.

المصادر الحالية للطاقة[1]:

المقصود بالمصادر الحالية للطاقة تلك المصادر التي تزود البشر بالجزء الأساسي والأكبر من احتياجاتهم من الطاقة. فللآن مازال بعض الناس يعتمدون على أخشاب الأشجار في تلبية جزء من متطلباتهم من الطاقة، كما أن بعضهم الآخر مازال يعتمد على الحيوانات في التنقل وحمل الحاجيات والحراثة، ونجد بعضهم يستخدم مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والهوائية للحصول على بعض متطلباته من الطاقة، إلا أن هذه المصادر مجتمعة ليست ذات قيمة كمية تذكر بالمقارنة مع ما يستهلكه الإنسان من مصادر أخرى.

يمكننا تقسيم مصادر الطاقة الحالية في العالم إلى ثلاثة أقسام أساسية:

١- مصادر الطاقة الاحفورية وهي التي تشكل عصب مصادر الطاقة الحالية وتضم:

أ- الفحم بأنواعه المختلفة

ب- النفط

جـ- الغاز

---

(1) McMullan, J.T, Morgan, R.Murray. R.B.Energy Resource and Supply John Wiley and Sans. London England 1976, PP, 66- 93, 342-344.

2- المصادر المائية والمقصود بذلك مصادر الطاقة الكهربائية في مساقط الأنهار.

3- الطاقة النووية ويقصد بها محطات توليد الطاقة الكهربائية باستعمال الحرارة الناتجة عن عمليات الانشطار النووي في المفاعلات النووية.

1 - المصادر الأحفورية

تقول النظرية الشائعة في تفسير تكون مصادر الطاقة الأحفورية إنها تكونت جميعا من تحلل كائنات حية في بيئة معدومة الهواء. وقد نتج عن هذا التحلل تكون مواد عديمة التأثر بعمليات التحلل اللاحقة، بمعنى أن عمليات التحلل اللاحقة لم تؤثر في مخزون الطاقة في هذه المواد وان كانت قد أحدثت بعض التغيير في تراكيبها العضوية. وتشترك مصادر الطاقة الأحفورية في أنها تتكون جميعا من مواد هيدروكربونية (مركبات الكربون والهيدروجين) إضافة إلى نسب مختلفة من شوائب أخرى كالماء والكبريت والأوكسجين والنيتروجين وأكسيد الكربون. وتختلف نسبة الكربون والهيدروجين في المصادر الأحفورية من مصدر إلى آخر، فالفحم مثلا يتكون من الكربون بشكل أساسي. وبشكل عام كلما ارتفعت نسبة الكربون أو الهيدروكربونات في المادة ارتفعت كمية الطاقة المخزونة فيها، وتتكون مصادر الطاقة الأحفورية من المواد التالية:

أ- الفحم:

ظهرت أهمية الفحم الحجري كمصدر للوقود في عصر الثورة الصناعية في أوروبا الغربية ومنها انتشر استعماله إلى بقاع أخرى من الأرض حيث يتوفر مخزون منه. ويندرج تحت مفهوم الفحم الحجري عدة أنواع من الوقود تختلف في تركيبها العضوي وكمية الطاقة المتوفرة في وحدة الوزن منها. وأهم أنواع الفحم هي:

1- الخث:

يعتبر الخث الحلقة الأولى في مسلسل تكون الفحم بمعنى أنه لم يتحول إلى فحم بصورة نهائية بل يتميز بوجود بقايا النباتات فيه. والخث مادة طرية بالمقارنة مع أنواع الفحم الأخرى ويحتوي على نسبة كبيرة من الماء تصل إلى 90٪، ويحتوي على نسبة قليلة من الكربون وبعض المواد المتطايرة.

يبلغ احتياطي العالم من الخث حوالي ثلاثمائة ألف مليون طن ويقدر معدل الاستهلاك بحوالي تسعين مليون طن في السنة. ومن المتوقع أن يجرى استغلال هذا المصدر على مستوى واسع خاصة إذا طال أمد أزمة مصادر الطاقة التي يعيشها العالم. وتتركز الاستعمالات الحالية للخث على تزويد المنازل ببعض احتياجاتها من الطاقة الحرارية وفي محطات توليد الطاقة الكهربائية.

يمتلك الاتحاد السوفيتي وأوروبا وشمال أمريكا معظم الخث الموجود في العالم (حوالي 97٪) ويملك الاتحاد السوفيتي وحده حوالي 61٪ من موارد العالم من الخث.

2- الفحم البني:

يقع الفحم البني في الحلقة الثانية في سلسلة تكون الفحم بعد الخث، وهو يحمل الكثير من خصائصه كاحتوائه على نسبة عالية من الماء والمواد المتطايرة، و يوجد الفحم البني في وسط أوروبا حيث يستعمل في العديد من الأغراض الصناعية وفي محطات الطاقة الكهربائية، يقدر مخزون العالم من الفحم البني بحوالي 2 تريليون طن (تريليون يساوي مليون مليون)، يوجد حوالي 70٪ منها في الاتحاد السوفيتي وحوالي 20٪ في الولايات المتحدة، و يتوزع الباقي بين كندا ودول أوروبا.

3- الفحم القطراني:

يدعى الفحم القطراني بهذا الاسم لأنه ينتج مادة قطرانية عند تقطيره لإنتاج الغاز وفحم الكوك، ويحتوي الفحم القطراني على 30-40٪ من المواد المتطايرة المتكونة من مواد هيدروكربونية والتي تستعمل في إنتاج الغاز، كما يحتوي على نسبة قليلة من الماء، ويشكل الفحم القطراني الجزء الأكبر من احتياطي العالم من الفحم وهو اكثر الأنواع استعمالا وانتشارا، كما يبلغ مخزون العالم من الفحم القطراني حوالي 7 ,6 تريليون طن، يمتلك الاتحاد السوفيتي حوالي 62٪ منها بينما تمتلك الولايات المتحدة حوالي 17٪ وتمتلك الصين نسبة مقاربة، أما الجزء الباقي والذي يبلغ حوالي 5٪ من المخزون فينتشر في أوروبا واستراليا واليابان والهند ومناطق أخرى.

ب- النفط:

اكتشف النفط قبل حوالي مائة عام، وشاع استعماله في البداية في

الولايات المتحدة الأمريكية ومنها انتقلت تكنولوجية البحث عنه وإنتاجه واستعماله إلى مناطق أخرى، وقد توسع استعمال النفط في العالم بعد الحرب العالمية الثانية بشكل كبير وتصاعدت معدلات إنتاجه واستهلاكه بحيث أصبح في مقدمة مصادر الطاقة من حيث الإنتاج والاستهلاك، وتعود بعض أسباب انتشار النفط بهذا الشكل السريع إلى الخصائص الفيزيائية التي يتمتع بها من حيث سهولة نقله وتخزينه وارتفاع كمية الطاقة المخزونة في وحدة الوزن منه وتعدد استعمالاته. فوسائل المواصلات مثلا ما كان لها أن تتوسع وتنتشر بهذا الشكل السريع لولا توفر مشتقات النفط.

وهناك عدة أنواع من النفط الخام لكنها لا تختلف عن بعضها بشكل واضح كما في حالة الفحم، وتعزى الاختلافات بين أنواع النفط إلى كمية المواد الهيدروكربونية فيها وإلى التركيب الكيماوي العضوي لهذه المواد وأوزانها الجزئية، وبالإضافة إلى المواد الهيدروكربونية توجد كميات متفاوتة من الكبريت والنيتروجين والأوكسجين. و يعتبر وجود الكبريت من الخصائص السلبية في المشتقات النفطية بسبب ما ينتج عنه من تلوث عند حرقها إضافة إلى أن وجوده يؤثر على مقدار الطاقة في وحدة الوزن من النفط، ولذلك كلما قلت نسبة المواد غير الهيدروكربونية في النفط كانت نوعيته أفضل، وتقل تبعا لذلك الخطوات المطلوبة لتصفيته وتكريره إلى مشتقاته المختلفة.

وإضافة إلى ما تقدم يميز بين أنواع النفط على أساس الخام الخفيف والخام الثقيل. فالخام الخفيف يحتوي على نسبة عالية من الغازلين الذي ينفصل عن النفط الخام في مراحل التكرير الأولى وبذلك يبقى جزء صغير نسبيا من المواد الثقيلة التي تحتاج إلى جهد اكبر لتكريرها، وبشكل عام، فان النفط حديث التكون نسبيا يحتوي على نسبة عالية من الهيدروكربونات ذات الوزن الجزئي الكبير وأما النفط قديم التكون فيحتوي على نسبة عالية من الهيدروكربونات الخفيفة.

وينتشر مخزون النفط في العديد من مناطق العالم ولا تخلو منه أية قارة من قارات العالم، ومع ذلك فهناك العديد من الدول التي تفتقر تماما إلى مصدر الطاقة هذا وتضطر إلى استيراد احتياجاتها. وتعتبر منطقة الشرق الأوسط من أغنى مناطق العالم بالنفط إذ أنها تحتوي على اكثر من

نصف مخزون العالم منه، وفي منطقة الشرق الأوسط يتركز مخزون النفط في منطقة الخليج والجزيرة العربية، فمن ضمن مخزون عالمي للنفط يبلغ حوالي 620 ألف مليون برميل تحوى المناطق البترولية في الشرق الأوسط حوالي 350 ألف مليون برميل، وتتركز هذه الكمية في دول الخليج والجزيرة العربية والعراق (دون أخذ مخزون الدول العربية في شمال إفريقيا بعين الاعتبار)، ويأتي الاتحاد السوفيتي في المرتبة الثانية من حيث مخزون النفط إذ أنه يمتلك حوالي 80 ألف مليون برميل، أي ما يعادل حوالي 13٪ من المخزون العالمي، وأما الجز المتبقي والذي يشكل حوالي 30٪ من المخزون العالمي فيوجد في مناطق العالم المختلفة كالولايات المتحدة وبعض دول أمريكا الجنوبية وإفريقيا وشرق وجنوب شرق آسيا واستراليا.

جـ- الغاز الطبيعي:

يقع الغاز في المرتبة الثالثة من حيث الأهمية في استهلاك العالم من الطاقة بعد الفحم والنفط، إذ يشكل الغاز 18٪ من مجمل الاستهلاك العالمي، وكما في حالة النفط فليس هناك نظرية متكاملة لتفسير كيفية تكون الغاز تاريخيا، فهناك مثلا الغاز المصاحب للنفط الذي تنحو النظريات العلمية إلى ربط تكونه بالعوامل التي أدت إلى تكون النفط نفسه، وهناك حقول الغاز الطبيعي حيث يوجد الغاز وحده دون النفط ثم هناك نوع آخر من الغاز الذي يعتقد أنه تكون بتأثير العوامل التي أدت إلى تكون الفحم، ولهذه الأسباب مجتمعة فان تقدير المخزون من الغاز أمر اكثر صعوبة من تقديره في حالة الفحم والنفط.

و يشكل الميثان الجزء الأساسي من تركيب أنواع الغاز المختلفة يليه بعد ذلك الايثان. وبالإضافة إلى المركبين السالفي الذكر هناك نسب مختلفة من البروبان والبيوتان والنيتروجين وأوكسيد الكربون ومركبات كبريتية، ويؤدي اختلاف التركيب هذا إلى اختلاف في قيمة الطاقة في الأنواع المختلفة من الغاز، فالغاز المستخرج من ألمانيا مثلا يحتوي على نصف قيمة طاقة الغاز المستخرج من الكويت (في ذات وحدة الحجم).

ويبلغ احتياطي العالم من الغاز حوالي 2600 تريليون قدم مكعب يمتلك الاتحاد السوفيتي حوالي 30٪ منها والولايات المتحدة حوالي 10٪ والدول العربية حوالي 15٪. أما الدول غير العربية في منظمة الأوبك فتمتلك

حوالي 20٪ من الاحتياطي العالمي. ويتوزع الجزء المتبقي بين العديد من دول العالم في مختلف القارات.

2- المصادر المائية

يعود تاريخ استخدام الإنسان لطاقة المصادر المائية إلى القرن الميلادي الأول حيث استعملت مياه الأنهار في تشغيل بعض النواعير المستخدمة لتشغيل مطاحن الدقيق، وكانت النواعير الأولى أفقية بمعنى أن حركة دورانها تحصل في مستوى أفقي، ومع القرن الرابع الميلادي كانت الناعورة العمودية قد تطورت، وانتشرت الناعورة العمودية في منطقة الشرق الأوسط في بعض مناطق نهر الفرات في سوريا والعراق، وفي عصر الثورة الصناعية انتشر استعمال النواعير في أوروبا بشكل مكثف وانتقلت منها إلى الولايات المتحدة، وتوسعت أيضا استعمالات النواعير لتشمل ضخ المياه وتشغيل آلات نشر الأخشاب وآلات النسيج.

ويرتبط مفهوم مصادر الطاقة المائية في الوقت الحاضر بمحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تقام على مساقط الأنهار، و يترافق مع إقامة هذه المحطات بناء السدود وتكوين البحيرات الاصطناعية لحجز مياه الأنهار وضمان توفر كميات كبيرة من الماء تكفل تشغيل محطات الطاقة بشكل دائم.

تعود فكرة إنشاء محطات الطاقة على مساقط الأنهار إلى أواخر القرن الماضي حوالي عام 1870 حين طرحت فكرة إنشاء محطة لتوليد الطاقة عند شلالات نياجارا، وقد بدأ العمل في المحطة المذكورة في عام 1886 وتم تشغيلها في عام 1895، وكانت طاقتها تعادل 3,75 ميغاواط، وفي ذات الوقت كان يجري العمل على إقامة بعض المحطات الأخرى في أوروبا.

تعتمد كمية الطاقة الكامنة في محطات التوليد المائية على حجم كمية الماء وعلى مسافة سقوط الماء، فكلما ارتفعت قيمة أي من العاملين المذكورين ارتفعت قيمة الطاقة الكامنة في المحطة، وتعمل محطات الطاقة المائية بكفاءة عالية تصل إلى 80-90٪ بالمقارنة مع محطات توليد الطاقة الحرارية التي تستعمل الوقود الأحفوري والتي تعمل بكفاءة لا تزيد عن 30٪ في العادة.

ومن الطبيعي توفر مصادر الطاقة المائية في تلك المناطق التي تتوفر فيها الخصائص الطبوغرافية الملائمة لإقامة السدود وتكوين البحيرات مع توفر ارتفاع ملائم لسقوط المياه، ولا توجد تحديدات معينة على الارتفاع الأمثل لسقوط الماء ذلك أن هناك أنواعا مختلفة من التوربينات التي تلائم مختلف ارتفاعات مساقط المياه.

تبلغ الطاقة الكامنة في مصادر الطاقة المائية في العالم حوالي 3 ملايين ميغاواط، يوجد حوالي ربعها في أفريقيا و20٪ في أمريكا الجنوبية و 16٪ في جنوب شرق آسيا و 16٪ في الصين والاتحاد السوفيتي ويتوزع الباقي في أمريكا الشمالية وأوروبا ومناطق أخرى. ومن جانب آخر تبلغ كمية الطاقة المستغلة من هذا المصدر حوالي 150 مليون ميغاواط، أي ما يعادل حوالي (5٪) من الطاقة الاحتمالية الكلية. و يعزي أحد أسباب هذه النسبة المنخفضة لاستغلال مصادر الطاقة المائية إلى الكلفة العالية لإنشاء محطات الطاقة وبخاصة أن المواقع الملائمة غالبا ما تكون بعيدة عن مراكز استهلاك الطاقة. وبالنسبة للعالم العربي فان أشهر محطات توليد الطاقة المائية هي الموجودة في منطقة السد العالي في مصر ومنطقة سد الفرات في سوريا.

3- الطاقة النووية

تعمل محطات الطاقة النووية المستعملة حاليا على ما يعرف بالانشطار النووي وهو نفس فكرة القنبلة الذرية. وتقوم فكرة استخلاص الطاقة من الانشطار النووي على أن بعض العناصر تنشطر نواتها حين يصدمها نيوترون و ينتج عن الانشطار ظهور مواد جديدة وإشعاعات و يتحول جزء من المادة إلى طاقة حرارية إضافة إلى نيوترونات أخرى تقوم بدورها بالاصطدام مع ذرات أخرى، وهكذا ينشأ عن هذه العملية تفاعل متسلسل لا ينتهي إلا بتحويل كل المادة القابلة للانشطار إلى مواد جديدة وإطلاق كمية كبيرة من الطاقة.

إن المادة المستعملة في عمليات الانشطار النووي هي اليورانيوم-235 والذي يوجد بكميات قليلة في الطبيعة مع عنصر اليورانيوم-238، فحين يصدم نيوترون نواة عنصر اليورانيوم-235 فان نواته تنقسم إلى قسمين

متساويين تقريبا و ينتج أيضا تحرير نيوترونين يقومان بدورهما بالاصطدام مع نوى أخرى لليورانيوم-235. ويترافق مع هذه العملية تحول جزء من مادة النواة إلى كميات هائلة من الطاقة الحرارية فإذا استمر هذا التفاعل بدون ضوابط فقد يتحول التفاعل إلى قنبلة نووية ذرية، وأما إذا تم ضبط التفاعل بحيث يحصل بمعدلات معينة وجرى في ذات الوقت نقل حرارة التفاعل باستعمال السوائل والغازات المبردة فان بالإمكان استعمال المفاعل للأغراض السلمية [2].

و يتم ضبط التفاعل في المفاعلات النووية باستعمال المهدئات Moderators التي تقوم بالحد من سرعة النيوترونات الناتجة من التفاعل النووي أو امتصاص جزء منها، ولتحقيق ذلك تستعمل قضبان من الجرافيت أو الماء، أما الحرارة الناتجة عن التفاعل فيجري نقلها بواسطة السوائل والغازات المبردة وذلك لمنع استمرار درجة حرارة قلب المفاعل من الارتفاع إلى درجة قد تؤدي إلى انصهاره، وتستعمل الحرارة الناتجة عن التفاعل في إنتاج البخار ذي الضغط العالي والحرارة المرتفعة، ومن ثم تشغيل التوربينات وإنتاج الطاقة الكهربائية، وعلى ذلك فان المفاعل النووي ليس إلا مصدرا للطاقة ينتج الحرارة المطلوبة لإنتاج البخار، أي أنه يقوم بوظيفة الغلاية التي تعمل على الفحم أو النفط أو الغاز في محطات التوليد الحرارية.

ومن النتائج السلبية المترتبة على المفاعلات النووية الانشطارية إنتاج المواد المشعة ذات القدرة العالية على اختراق المعادن والجدران السميكة الأمر الذي يؤدي إلى خطر تسربها إلى الخارج وتأثيرها على الكائنات الحية من نبات وحيوان. أما الأمر الآخر فهو أن الوقود النووي المستعمل في المحطات النووية يتكون من عنصري اليورانيوم-235 واليورانيوم-238 ورغم أن الأول هو الذي ينشطر و يتحرر اثنان من نيوتروناته فإن الأخير يقوم بامتصاص أحدهما و يتحول إلى بلوتونيوم الذي هو بدوره مادة مشعة، هذا بالإضافة إلى ما يتكون من مواد مشعة أخرى نتيجة التفاعل النووي، ومشكلة هذه المواد أنها نفايات التفاعل النووي ولابد من التخلص منها إلا أن خصائصها الإشعاعية المدمرة تجعل من الضروري حفظها في أماكن خاصة وتحت رقابة دائمة بحيث لا تفلت اشعاعاتها إلى الخارج، وحتى الآن

(2) Foley, G., The Energy Question, Penguin Books, London, England PP,163- 93

كانت أكثر الطرق المستعملة لحفظ النفايات خزنها في خزانات مائية، وقد جرى التفكير بوضعها في صناديق محكمة ووضعها في أعماق المحيطات العميقة كما جرى التفكير بدفنها في الأرض على أعماق كبيرة إلا أن كلا الفكرتين وجدت معارضة كبيرة من جانب العلماء، والآن يجري التفكير بقذف النفايات النووية في الفضاء بعيدا عن الأرض بحيث تتخذ مدارا حول الشمس.

كان عدد المفاعلات النووية العاملة في العالم حتى نهاية عام 1976 يبلغ 177 مفاعلا وتصل طاقتها إلى 86 ألف ميغاواط، وفي نفس السنة كان يجري العمل في 151 مفاعلا آخر تبلغ طاقتها 128 ألف ميغاواط. وتمتلك الولايات المتحدة اكبر عدد من المفاعلات النووية العاملة أو التي تحت الإنجاز إذ كان يبلغ عددها مجتمعة 120 مفاعلا في نهاية عام 1976، وفي المرتبة الثانية تأتي بريطانيا بعدد من المفاعلات يبلغ 39 مفاعلا، و25 مفاعلا في فرنسا و21 في اليابان بينما لم يملك الاتحاد السوفيتي في ذلك الوقت سوى 18 مفاعلا فقط، أما باقي المفاعلات النووية فتنتشر بشكل أساسي في دول أوروبا الغربية والشرقية وكندا والهند[3].

و يقدر استهلاك العالم الحالي من اليورانيوم خارج الاتحاد السوفيتي والدول الحليفة له بحوالي 21 ألف طن، أما احتياطي العالم من اليورانيوم فان تقدير ذلك يعتمد على الكلفة الاقتصادية المقبولة كسعر إذ كلما ارتفع السعر المقبول ازدادت كمية الاحتياطي.

والقاسم المشترك بين مصادر الطاقة الاحفورية والنووية أنها قابلة للاستنزاف ذلك أن الموجود منها في الطبيعة كميات محدودة ستستهلك عاجلا أو آجلا، و يتحدد زمن استنزاف هذه المصادر بمعدلات استهلاك العالم منها، تلك المعدلات التي تشير إلى أن العالم مقبل على استنزاف معظم ما يملك في المستقبل المنظور، ولا يتوقف الأمر عند هذا بل أن كلفة إنتاج المخزون من هذه المصادر ستتصاعد بدرجة كبيرة نتيجة للجهد الكبير والاستثمارات الضخمة المطلوبة لإنتاجها، وسنتطرق الآن إلى وضع استهلاك الطاقة على المستوى العالمي لنأخذ فكرة عن الكميات المستهلكة وأهم مراكز

(3) النفط ومصادر الطاقة البديلة منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (الأوابك) الكويت، أبريل 1977 ص 101-102.

الاستهلاك، وسيشكل هذا مقدمة للنظر في مخزون الطاقة في العالم لكي نصل إلى تقدير الفترة الزمنية التي يترتب على الإنسان خلالها البحث عن المصادر البديلة وتطويرها.

الاستهلاك الحالي والمستقبلي للطاقة[4]:

يستهلك العالم الطاقة التي يحتاجها من المصادر الثلاثة الأساسية التي تحدثنا عنها سابقا وهي مصادر الطاقة الأحفورية (فحم، نفط، غاز إضافة إلى الطاقة الكهربائية والطاقة النووية. وتبلغ مساهمة الطاقة الأحفورية في مجمل الاستهلاك العالمي حوالي 92٪ بينما لا تتجاوز مساهمة المصدرين الآخرين 8٪، في الجدول رقم (١) نقدم صورة عن تطور استهلاك الطاقة عالميا حسب مصادر الطاقة سالفة الذكر. ونقدم الصورة في الجدول رقم(١) بالأرقام المطلقة والنسب المئوية.

جدول رقم – 1

تطور استهلاك الطاقة عالميا

حسب مصدر الطاقة للسنوات

1965 – 1975

(ما يعادل ملايين براميل النفط يوميا *)

مصدر الطاقة	1965		1975	
	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية
النفط	30.6	37.3	54	43.9
الغاز	12.9	15.8	22.2	18
الفحم	33.9	41.3	37.8	30.7
الكهرومائية	4.5	5.4	7.2	5.9
النووية	0.13	0.2	1.8	1.5
المجموع	**82.03**	**100**	**123**	**100**

* الأرقام مدورة إلى أقرب كسر عشري

(4) النفط ومصادر الطاقة البديلة، الأوابك، ص 57, 59, 70.

إن الأرقام الواردة في الجدول رقم(1) تشير إلى أن استهلاك الطاقة في العالم قد ارتفع بمقدار 50٪ خلال عشر سنوات في الفترة ما بين 1965-1975،فقد ارتفع بما يعادل 82 مليون برميل يوميا إلى ما يعادل 123 مليون برميل، وتشير الأرقام في الجدول المذكور إلى أن النفط والغاز كانا المصدرين الأساسيين في تلبية الزيادة على الطلب بينما لم تشهد المصادر الأخرى سوى زيادة طفيفة، والواضح من الجدول أيضا أن مساهمة الطاقة النووية مازالت قليلة جدا وأن زيادة مساهمتها بشكل ملموس يتطلب بناء مئات المفاعلات النووية الجديدة.

إن هذه الزيادة الكبيرة في استهلاك العالم من الطاقة-وبالتحديد مصادر الطاقة الأحفورية-هي ما يشكل الخطر الأكيد على الاحتياطي المتبقي منها وذلك لأنه يهدد بسرعة نضوبه، وتتفاقم صورة وضع الطاقة العالمي حين نأخذ بعين الاعتبار أن هذه المصادر القابلة للاستنزاف تغطي اكثر من 90٪ من احتياجات البشر الحالية من الطاقة. وعلى ذلك فان أي تحول باتجاه الاعتماد على مصادر بديلة سيأخذ وقتا طويلا لإعادة تشكيل أنماط الحياة الحالية باتجاه تقليل الاعتماد على المصادر الأحفورية وزيادة الاعتماد في ذات الوقت على البدائل.

جدول رقم – 2

تطور استهلاك الطاقة عالميا حسب مناطق الاستهلاك

في الفترة 1965 – 1975

(الكميات بما يعادل ملايين البراميل يوميا من النفط *)

المنطقة	1965		1975	
	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية
الدول الغربية الصناعية بما فيها اليابان	49.2	60	69.4	56.4
الدول الاشتراكية	23	28	36.3	29.5
بقية دول العالم	9.9	12	17.3	14.1
المجموع	**82.1**	**100**	**123**	**100**

* الأرقام مدورة إلى أقرب كسر عشري

إذا كان الجدول رقم(1) يقدم الصورة العامة لاستهلاك الطاقة العالمي فكيف تبدو الصورة التفصيلية لذلك ؟ أي كيف يتوزع استهلاك الطاقة في العالم ؟ لنأخذ ذات الفترة السابقة ولننظر إلى مناطق استهلاك الطاقة في العالم.

يتضح من الأرقام الواردة. في الجدول السابق أن الدول الصناعية الغربية واليابان تستهلك اكثر من نصف الطاقة في العالم، وحتى لو استثنينا اليابان فان دول أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية تستمر في استهلاك حوالي نصف الطاقة في العالم. أما الدول الاشتراكية فإنها تستهلك حوالي 30٪ من الطاقة في العالم ويتوزع الباقي على بقية دول العالم.

لا نشك في أن الدول الصناعية تستهلك كميات كبيرة من الطاقة بسبب حاجة صناعتها لذلك ونتيجة لمستوى المعيشة المرتفع فيها، إلا أننا لو أمعنا النظر في تفاصيل الصورة لوجدنا مثلا أن الولايات المتحدة الأمريكية التي يبلغ عدد سكانها حوالي 250 مليون نسمة كانت تستهلك يوميا ما يعادل 38 مليون برميل من النفط عام 1975 بينما كانت اليابان بسكانها البالغين حوالي 110 مليون تستهلك حوالي 7 ملايين برميل من النفط يوميا، وبعملية حسابية بسيطة نجد أن الفرد الأمريكي يستهلك في المعدل مرتين ونصفا مما يستهلك الفرد الياباني. ولا يمكننا القول بأن هناك فروقا واضحة في مستوى المعيشة في كلتا الدولتين ولا في مستوى التطور الصناعي، إلا أن الأرقام المذكورة تعكس أحد الجوانب المهمة في مسألة الطاقة وهي كيفية التعامل معها بمعنى كفاءة استخدامها ومجالات استهلاكها. ونكتشف نفس المسألة فيما لو قمنا بالمقارنة بين الولايات المتحدة من جانب ودول أوروبا الغربية من الجانب الآخر حيث يتبين أن معدل استهلاك الفرد الأمريكي من الطاقة أعلى بكثير من نظيره الأوروبي.

على ذلك، فان أحد جوانب أزمة الطاقة المعاصرة هو في الواقع أزمة التعامل معها وكيفية استهلاكها لتلبية الحاجات المطلوبة، ولا تدع الأرقام السابقة مجالا للشك في أن بالإمكان التعامل مع مصادر الطاقة بشكل عقلاني من خلال اتباع سياسات الحفاظ على الطاقة واتباع الأساليب العلمية الفعالة في رفع كفاءة استخدامها. وإذا كان رفع أسعار الطاقة سيخلق مثل هذه الحوافز و يؤدي إلى زيادة كفاءة الاستفادة من مصادر

الطاقة الحالية فان هذه خطوة في الاتجاه الصحيح نحو اتباع استراتيجيات علمية في معالجة مسألة الطاقة.

الآن، كيف تبدو صورة الطلب على الطاقة على الصعيد العالمي حتى نهاية القرن الحالي ؟ نود أن نشير إلى أن ما سنورده من إحصاءات ليست إلا مجرد توقعات لكنها مبنية على العديد من الملاحظات المتعلقة باستهلاك الطاقة في السنوات الماضية وتوقعات النمو الاقتصادي وزيادة عدد السكان وارتفاع الدخول القومية وحتى اتباع سياسات علمية في الحفاظ على الطاقة.

ونقدم في الجدول رقم (3) قائمة بتوقعات الطلب العالمي على الطاقة لعامي 1985 و2000، والتقديرات الواردة في الجدول المذكور بالنسبة لعام 1985 هي تقديرات منظمة التعاون والتطوير الاقتصادي التي تضم الدول الغربية الصناعية وبعض حلفائها، أما التوقعات لعام 2000 فهي لشركة كالتكس Caltex.

جدول رقم – 3

تقديرات الطلب العالمي على الطاقة لعامي

2000 – 1985

(الكميات بما يعادل ملايين البراميل يومياً من النفط)

مصدر الطاقة	1985		2000	
	الكمية	النسبة المئوية	الكمية	النسبة المئوية
فحم	51.4	26.7	81	26.8
نفط	85.3	44.4	125.7	41.6
غاز	33.6	17.5	49	16.2
النووية	12.4	6.5	29.5	9.7
الكهرومائية وغيرها	9.4	4.9	17.3	5.7
المجموع	**192.1**	**100**	**302.5**	**100**

إن الواضح من الإحصاءات الواردة في الجدول رقم(3) أنه من المتوقع أن يستمر استهلاك الطاقة في العالم حتى نهاية القرن الحالي بنفس المعدلات المرتفعة التي شهدتها الفترة 1965-1975، ففي الفترة المذكورة ازداد

استهلاك الطاقة بمقدار 50٪، وبمقارنة كمية الاستهلاك المتوقعة عام 1985 بكمية الاستهلاك الفعلي عام 1975 يتضح أن الزيادة المتوقعة في الاستهلاك تصل إلى 56٪، وبمقارنة كمية الاستهلاك المتوقعة لعام 2000 بتلك المتوقعة لعام 1985 يتضح أيضا أن الزيادة ستصل إلى 57٪، و يتضح من الإحصاءات المذكورة أن الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية سيستمر بنفس الحدة التي يشهدها العالم حاليا وأن التغير الأساسي في هيكل مصادر الطاقة يكمن في زيادة مساهمة الطاقة النووية حيث من المتوقع أن تصل نسبة مساهمتها في تلبية الاحتياجات العالمية من الطاقة في نهاية القرن الحالي إلى حوالي 10٪ من مجمل الطلب العام.

الواقع أنه إذا ثبتت صحة التوقعات الواردة في الجدول رقم (3) فإن ذلك سيعني أن العالم لن يكون قد استفاد من دروس أزمة الطاقة، وأن هذه الأزمة ستكون قد استفحلت حينذاك إلى درجة تهدد بنشوب الكثير من النزاعات والصراعات لضمان توفير هذه الكميات الكبيرة من الطاقة، وتدل القراءة التفصيلية لتلك الإحصاءات على أن الدول الغربية الصناعية ستستمر في استهلاك اكثر من نصف مجمل الاستهلاك العالمي وأن الدول الاشتراكية ستستمر في استهلاك الثلث تقريبا.

على أن السؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو: كم من الوقت ستظل مصادر الطاقة الأحفورية تصحبنا قبل أن تنضب وبخاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار استمرار معدلات الاستهلاك في الازدياد ؟ هذا ما سنحاول الإجابة عليه في الصفحات اللاحقة.

المخزون التقديري من الطاقة[5][6]:

للإجابة عن السؤال الذي طرحناه قبل قليل نقول: أن أحدا لا يعرف بالضبط متى ستنضب مصادر الطاقة الأحفورية، والسبب في ذلك أن أحدا لا يستطيع إعطاء جواب نهائي ليس عن كمية المخزون من هذه المصادر فحسب بل عن مقدار ما يمكن استخراجه-منها أيضا. فمعرفة

(5) Kenward,M.,Potential Energy, Cambridge University Press, London U.K., 1976, PP. 15-23.

(6) Ion, D.C Availability of World Energy Resources, Graham& Tratman ltd, London, U.K.,1975,PP.29-50

الكمية الموجودة أمر مختلف تماما عن معرفة الكمية التي يمكن استغلالها واستخراجها واستعمالها.

وتتحدد الكمية الممكن استخراجها من أحد المصادر بمجموعة من العوامل أما الكلفة الاقتصادية والمستوى التكنولوجي السائد، وبالطبع هناك مسألة أكثر أهمية من كلا العاملين السالفي الذكر وهي أنه لا يمكن التفكير باستغلال مصدر إذا كانت كمية الطاقة المطلوبة لاستغلاله تزيد عن كمية الطاقة الممكن استخراجها من باطنه، فلو نظرنا إلى تاريخ استخراج النفط لوجدنا أنه ابتدأ في تلك المناطق التي تتمتع بخصائص سهولة الوصول إلى منابعه وقلة الاستثمارات المطلوبة لاستخراجه وانه مع التقدم التكنولوجي أصبح يجري استغلال مناطق جديدة، فمثلا لم يكن ممكنا التفكير باستغلال نفط بحر الشمال أو نفط الاسكا في بداية القرن الحالي ذلك أن المستوى التكنولوجي السائد آنذاك وكلفة الإنتاج لم تكن تجعل من مثل ذلك أمرا ممكنا، أما في الوقت الحاضر فانه يجري استغلال النفط في كلتا المنطقتين.

يتضح مما تقدم أن تقدير المخزون العالمي من مصادر الطاقة وتقدير الاحتياطي الممكن استغلاله مسألة نسبية مرتبطة بمستوى المعرفة البشرية في تقدير المخزون وبمستوى التطور التكنولوجي لاستغلال جزء من ذلك المخزون بكلفة اقتصادية مقبولة، لذلك ففي الإحصاءات التي سنوردها فيما يلي سنشير إلى تقديرات الاحتياطي المؤكد تمييزها عن تقديرات المخزون العالمي العالم والمقصود بالمخزون العالمي هو مجمل الكمية الموجودة في باطن الأرض من أحد مصادر الطاقة بغض النظر عن إمكانية استغلالها، أما الاحتياطي المؤكد فهو الكمية الممكن استخراجها من أحد المصادر اعتمادا على المستوى التكنولوجي السائد و بالكلفة الاقتصادية المقبولة حاليا، وإذا ما تغير أحد العاملين المذكورين فان كمية الاحتياطي المؤكد تتغير صعودا أو هبوطا.

وهناك العديد من التقديرات حول مخزون مصادر الطاقة والاحتياطي المؤكد، فمنها ما يصدر عن هيئات ومؤسسات حكومية، أو عن هيئات دولية أو عن دراسات لذوي الاختصاص إلا أننا سنورد هنا الإحصاءات الصادرة عن مؤتمر الطاقة الدولي الذي نظمته الأمم المتحدة عام 1974.

جدول رقم – 4
الاحتياطي المؤكد من الطاقة الاحفورية
ومعدلات انتاجها وعمرها التقريبي
(أرقام الاحتياطي ومعدل الانتاج
بما يعادل آلاف ملايين الأطنان من النفط)

مصدر الطاقة	الاحتياطي المؤكد	معدل الانتاج	العمر التقريبي (سنوات)
النفط	91.5	2.5	37
الغاز	51.5	1.36	38
الفحم	400	2.08	192
المجموع	**543**	**5.94**	**267**

ملاحظة: تم تحويل الاحصاءات الى المعادل بأطنان النفط على أساس أن كل طن من النفط يعادل 1.48 طن من الفحم ويعادل 1020 مترا مكعبا من الغاز

إن الإحصاءات الواردة في الجدول رقم(4) لا تبشر بالخير ذلك أنها تتحدث عن عمر تقريبي للنفط والغاز لا يتجاوز الأربعين عاما وعن عمر للفحم لا يتجاوز القرنين، وحتى لو أخذنا مجموع الاحتياطي المؤكد ومعدل الإنتاج العام فإن الإحصاءات تتكلم عن عمر لمصادر الطاقة الأحفورية لا يتجاوز قرنا واحدا من الزمان، ونعترف أن الإحصاءات الخاصة بالعمر التقريبي مبنية كما هو واضح على أساس معدل إنتاج تجاوزه العالم، ذلك أن الإحصاءات تتحدث عن معدلات عام 1974 بينما نعيش في الثمانينات دون توفر ما يكفي من الدلائل على أن استهلاك العالم من الطاقة سيتوقف عن الازدياد.

ولو قمنا بتحويل الإحصاءات الواردة في الجدول رقم(3) حول الاستهلاك المتوقع من مصادر الطاقة الأحفورية في عام 2000 لوجدنا أنها تعادل 12,7 ألف مليون طن من النفط، ولو فرضنا أن هذا الرقم يشكل المعدل الوسطي لاستهلاك الطاقة في العالم حتى وقت نضوب الاحتياطي المؤكد فان ذلك يعني أن مصادر الطاقة الأحفورية لن تصحبنا لأكثر من 43 عاما، حقا إنها

فترة زمانية قصيرة وقد يشهد الكثيرون منا نهايتها.

إذن ما المخرج من أزمة الطاقة المحيقة بالعالم ؟.

هناك مخرج واحد وهو البحث عن مصادر بديلة، ذلك أنه لا يمكن التفكير بعالم مثل عالمنا دون توفر مصادر طاقة تروي ظمأه وتسير مختلف أجزائه، لكن ما هي البدائل المتاحة؟

المصادر المستقبلية والبديلة:

في الحديث عن مصادر الطاقة البديلة يجدر بنا التمييز بين نوعين من هذه المصادر و بين استراتيجيتين مختلفتين للطاقة مستقبلا، فبالنسبة للمصادر نميز بين المصادر ذات الطابع المؤقت بمعنى أن ما يتوفر من مخزون في هذه المصادر محدود ولا يمكن التعويض عن المستنزف والمستهلك منه.ورغم أهمية هذه المصادر ومساهمتها العالية في تلبية الاحتياجات البشرية من الطاقة إلا أن محدوديتها تقتضي التفكير بحلول للبحث عن مصادر تتمتع بطابع التجدد والديمومة.

وحين نتحدث عن المصادر الدائمة والمتجددة فيجدر بنا التمييز بين المصادر التي تتطلب مستوى تكنولوجيا رفيعا لا يملكه العالم حتى وقتنا هذا وبين المصادر التي تحتاج إلى مستوى تكنولوجي في متناول الغالبية من دول العالم، والتفريق بين هذين المصدرين الأخيرين هو في الواقع اختيار بين استراتيجيتين مختلفتين تقوم إحداهما على استمرارية تدعيم وضع المركزية المختارة في موضوع الطاقة بحيث تقتصر مصادر تزويد الطاقة على منشآت قليلة ذات مستوى تكنولوجي رفيع جدا لا يدركه ولا يستطيع التفاعل معه سوى قلة قليلة من العلماء والمتخصصين وبين استراتيجية تقوم على اللامركزية لمصادر تزويد الطاقة وعلى مستوى تكنولوجي في متناول الغالبية.

وحين نتحدث عن المصادر المستقبلية والبديلة فإننا نأخذ بعين الاعتبار أن المصادر المحدودة الأجل يمكن أن تكون مصادر مستقبلية لكنها ليست بديلة إلا لفترة قصيرة، أما المصادر التي يمكن أن تكون بديلة فعلا فهي المصادر الدائمة والمتجددة.

ضمن هذا التقسيم يمكننا الإشارة إلى المصادر المستقبلية التالية:

1- الطاقة النووية القائمة على أساس المفاعلات النووية التي تعمل بطريقة الانشطار النووي السالف الذكر:

ويعتمد مصدر الطاقة هذا على توفر عنصر اليورانيوم في الطبيعة والذي يوجد بكميات محدودة، وتتحدد كمية اليورانيوم الممكن استغلالها في الطبيعة بعامل الكلفة الاقتصادية بشكل أساسي، وقد اعتبر سعر الكلفة المساوي 26 دولارا للكيلو غرام الواحد في عام 1974 كأساس لتقييم احتياطي اليورانيوم في العالم، وأخيرا فان إحصاءات مؤتمر الطاقة الدولي في عام 1974 تقدر احتياطي اليورانيوم في العالم بحوالي مليون طن، ومن المؤكد أن رفع قيمة سعر التكلفة المقبول سيزيد من كمية الاحتياطي المؤكد حيث إن هذه الكمية ستتضاعف بمقدار أربع مرات فيما لو ارتفع سعر الكلفة إلى 39 دولار للكيلو غرام الواحد(7).

و يبلغ استهلاك العالم من اليورانيوم خارج مجموعة الدول الاشتراكية حوالي عشرين ألف طن مما يعني أن الاحتياطي القائم على أساس 26 دولارا للكيلو غرام يكفي العالم، حسب معدلات الاستهلاك السائدة، لمدة خمسين عاما يمكن أن تصل إلى مائتي عام إذا حسبت الكلفة على أساس 39 دولارا للكيلو غرام، لكننا لاحظنا من الإحصاءات في الجدولين(1) و(3) أن مساهمة الطاقة النووية في مجمل الاستهلاك العالمي قليلة جدا بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأحفورية الأمر الذي يعني بأن الطاقة النووية الانشطارية ليست في الواقع حلا طويل الأمد لأزمة الطاقة.

2- النفط المستخرج من رمال القار وحجر السجيل(8):

تحتوي رمال القار وأحجار السجيل على كميات من النفط لكنها تحتاج إلى عمليات صناعية لاستخراجها بمعنى أن النفط لا يوجد في هذه المصادر بشكل، مخزون جاهز. وللآن لم يجر القيام بمسح شامل يمكن من إعطاء صورة عن المخزون العالمي أو الاحتياطي المؤكد، كما أن تكنولوجيا استغلال هذه المصادر مازالت في مرحلة تجريبية حيث لا يوجد إلا القليل من مصانع استخراج النفط منها.

---

(7) Foley, G., Op, Cit. P, 189

(8) تقرير عن أزمة الطاقة وتطوير بدائل النفط، منظمة الأقطار العربية المنتجة للنفط (الأوابك)، الكويت، مايو 1974، ص 21-28.

وتتفاوت التقديرات العالمية حول احتياطي هذه المصادر كالعادة لأن ذلك يعتمد على عوامل الكلفة الاقتصادية والمستوى التكنولوجي المطلوب. ففي عام 1974 كان احتياطي النفط في رمال القار يتراوح ما بين 26-600 مليار (ألف مليون) برميل، أما احتياطي النفط في حجر السجيل فيتراوح ما بين 50-600 مليار برميل، وتشير الدراسات الأولية إلى أن معظم الاحتياطي من هذه المصادر موجود في الأمريكتين.

وإذا أخذنا رقما وسطيا واعتبرنا أن الاحتياطي من النفط في رمال القار وحجر السجيل يبلغ حوالي 700 مليار برميل فان ذلك يعني حوالي 100 مليار طن. وقد رأينا في الجدول رقم (4) أن استهلاك العالم من مصادر الطاقة الأحفورية عام 2000 سيصل إلى حوالي 12,7 مليار طن، وبذلك فان هذا الاحتياطي الفرضي لن يكفي العالم لأكثر من عشر سنوات.

على هذا يبدو أن طريق مصادر الطاقة الأحفورية والطاقة النووية الانشطارية مسدود وأن نهاية الطريق تبدو واضحة للعيان وقد يصلها بعضنا في حياته، من هنا تبرز الحاجة الفعلية والملحة لتطوير المصادر البديلة الدائمة.

إن الحل البديل هو الشمس سواء كانت ذلك النجم الموجود على بعد 93 مليون ميل عن كوكبنا أو الشمس الصغيرة التي سيصنعها الإنسان على الأرض، تلك التي وصفناها بأنها «الجهنم» المطلوبة لاستمرار «النعيم» الأرضي، ولتوضيح المسألة نقول: إن الحل المطروح أمام البشر هو إما استغلال طاقة الشمس كما تتجسد بالإشعاع الواصل إلى الأرض وبحركة. الرياح وتكون أمواج البحر ومخزون الحرارة في البحار والمحيطات والتمثيل الضوئي، أو أن يلجأ الإنسان إلى تطوير طاقة الاندماج النووي التي تعني محاكاة التفاعلات التي تحصل داخل الشمس على كوكبنا الأرض. وإذا ما نجح الإنسان في أي من الطريقين فانه سيضمن مصدرا أبديا من الطاقة. ولكن إذا كان بالإمكان الحديث بنوع من التفاؤل عن استمرارية الحياة على سطح الأرض إذا ما استغل الإنسان مصدر الشمس الطبيعية فان مثل ذلك التفاؤل يخبر حين نتحدث عن صنع «الشمس» الأرضية.. لكن ما هي طاقة الاندماج النووي ؟

طاقة الاندماج النووي هي الطاقة الناتجة عن اندماج نواتي عنصر أو

عنصرين لتكوين عنصر جديد، والتفسير الأكثر قبولا لدى العلماء عن مصدر الطاقة الشمسية هو أن أنوية الهيدروجين تندمج لتشكل الهليوم وينتج نتيجة التفاعل طاقة هائلة، والاندماج النووي هو في الواقع ما يحصل في القنبلة الهيدروجينية، لذلك فان بناء المفاعلات النووية الاندماجية هو بناء قنابل هيدروجينية يتم التحكم في تفاعلها كي لا تفلت زمام الأمور وتحصل كارثة، وحتى الآن مازالت التجارب على التفاعل الاندماجي تحصل في المختبرات ولا يتوفر تصور نهائي لتفاصيل المفاعلات النووية الاندماجية التي قد تبنى إذا نجحت التجارب المختبرية، وبالإضافة إلى ذلك فلا يستطيع أحد إعطاء إجابة شافية عن: متى سيجري بناء المفاعلات الاندماجية؟ وإنما يكتفي بالقول إنها قد تستعمل مع نهاية القرن الحالي.

فإذا نجحت تجارب الاندماج النووي وتم بناء المفاعلات الاندماجية فان الإنسان سيحظى بمصدر للطاقة سيدوم-نظريا-مئات ملايين السنين ذلك أن العناصر المطلوبة للتفاعل الاندماجي إما أنها موجودة في الطبيعة كالديتيرتيوم أو يمكن تكوينها كالتريتيوم، وقد كانت حتى الآن معظم التجارب على طاقة الاندماج النووي تجري في الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة الأمريكية ذلك أن النفقات المطلوبة على البحث والتطوير والمستوى التكنولوجي المطلوب لذلك يفوق قدرة الكثير من الدول الصناعية.

إن التكنولوجيا المطلوبة لطاقة الاندماج النووي ليست في متناول معظم دول العالم والأغلب أنها لن تكون في المستقبل المنظور، و يقودنا هذا إلى القول بأن الحديث عن الطاقة على مستوى عالمي يترك المجال للعديد من الأسئلة المهمة ذلك أن عالمنا ليس متجانسا ولا تحكمه نفس المصالح والاعتبارات، وعليه فان الاعتماد على الآخرين لتقديم الحل السحري لا يجدي نفعا بل إن الواجب يقتضي أن تسعى كل أمة إلى البحث عن مصادرها الخاصة من الطاقة ضمن إمكاناتها التكنولوجية المتاحة والمستقبلة وضمن ما يتوفر لديها من مصادر دائمة، وفي هذا المجال تبرز المصادر الطبيعية المرتبطة بالشمس باعتبارها الحل الأكثر احتمالا والأسهل تكنولوجيا والمتوفر لدى الجميع بشكل أو بآخر، وعن هذه المصادر الطبيعية الدائمة تتحدث معظم الفصول اللاحقة في هذا الكتاب.

ونود الإشارة هنا إلى أنه بالإضافة إلى الحديث عن مصادر الطاقة

المتجددة والمرتبطة بالشمس فإننا سنتطرق إلى طاقة الحرارة الجوفية التي لا تعتبر متجددة ولا علاقة مباشرة لها بالشمس، وكذلك سنتطرق إلى طاقة المد والجزر التي لا علاقة لها بما يحصل داخل الشمس وان كانت جاذبية الشمس تلعب دورا في تكوينها. وإضافة إلى المصدرين المذكورين فإننا سنتناول المصادر التالية المرتبطة بالشمس:

1- الطاقة الشمسية ونقصد بها طاقة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض.

2- الطاقة الهوائية.

3- الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.

4- الطاقة الناتجة عن التمثيل الضوئي.

2 الطاقة الهوائية

إن استعمال الإنسان للطاقة الهوائية ليس بالأمر الجديد، فقد فرضت الظروف الماضية التي عاش الإنسان في ظلها ضرورة أن يلجأ إلى استخدام مصادر الطاقة المتوفرة في الطبيعة وإخضاعها لتلبية بعض احتياجاته ضمن ظروف ومستويات التكنولوجيا السائدة في مختلف العصور، ولقد كان الهواء أحد المصادر التي فكر الإنسان بها واستعملها في حياته كمصدر من مصادر الطاقة.

لو عدنا آلاف السنين إلى الخلف لوجدنا أن الإنسان استعمل الطاقة المتوفرة في حركة الهواء والرياح لدفع سفنه في البحار والأنهار، وليس أدل على ذلك من أن المصريين القدماء برعوا في هذا المجال منذ آلاف السنين حين كانت سفنهم تجوب النيل على امتداد الممالك الفرعونية التي قامت على ضفتيه، ومازال هذا التراث العلمي قائما إلى يومنا هذا حيث مازالت السفن الشراعية قيد الاستعمال في اكثر من بلد، واستمر الإنسان في تطوير السفن الشراعية واستخدام الطاقة الهوائية بشكل متزايد وفوق مساحات واسعة من عالمنا حتى منتصف القرن التاسع عشر حين تم اختراع الآلة البخارية التي أخذت تحل بالتدريج محل الأشرعة

لدفع السفن في أعالي البحار، وغنى عن القول أن الإنسان وفي الفترة الممتدة حتى منتصف القرن التاسع عشر جاب أطراف العالم واكتشف المجهول منها وزاد من حجم تجارته وكان في ذلك يعتمد على السفن الشراعية بدرجة كبيرة.

وبالإضافة إلى ذلك فان استعمال الإنسان للطاقة الهوائية لم يتوقف عند حدود استعمالها في تسيير السفن الشراعية في الأنهار والبحار، بل أخذ الإنسان يفكر في اختراع وتطوير آلات وأدوات أخرى يمكنها أن تخدمه في حياته وتعمل بواسطة الهواء. وربما كان أفضل أمثلة استعمال الإنسان للطاقة الهوائية هو اختراع الطواحين الهوائية وتطويرها، وبرغم أن اختراع الطواحين الهوائية جاء متأخرا من وجهة نظر زمانية بالنسبة لاستعمال السفن الشراعية إلا أن هذه الطواحين شهدت تطورا سريعا وانتقل استعمالها عبر القارات والمحيطات لتشمل أجزاء كثيرة من العالم.

ومن المحتمل أن تكون الطواحين قد ظهرت أول ما ظهرت في بلاد فارس[1]. فقد وجد علماء الآثار أثناء حفرياتهم وتنقيبهم في فارس دلائل على وجود مضخات مياه كانت تعمل بالطاقة الهوائية وذلك لأغراض الري، و يعود تاريخ هذه الطواحين الهوائية إلى القرن الخامس الميلادي، وقد استعمل الفرس في تصاميمهم القديمة أشرعة من القماش ذات محاور عمودية، أما الطواحين الهوائية التي كانت تستعمل في مطاحن الدقيق في أوروبا والتي كان لأشرعتها محاور أفقية فقد تم تطويرها مع بداية القرن الرابع عشر في عدة أجزاء من أوروبا، وقد ارتبطت صورة الطاحونة الهوائية بهولندة، البلد الذي انتشرت فيه هذه الطواحين واستعملت في أغراض عديدة بما فيها نزح كميات كبيرة من المياه من الأماكن الواطئة القريبة من البحار وذلك لأغراض استصلاح الأراضي واستغلالها في الزراعة، وانتشرت الطواحين الهوائية كذلك في الولايات المتحدة الأمريكية وبخاصة في المناطق الريفية التي كان من الصعب إيصال الخدمات الكهربائية إليها، ومع مطلع القرن العشرين كان في الريف الأمريكي آلاف الطواحين الهوائية المستعملة في خدمة المزارعين، إلا أنه كما حصل مع السفن الشراعية، كان تطور

(1) Carr, D. E. Energy and the Earth Machine.

W.W. Norton and company,N.Y,USA,1976 P.116

الآلات الميكانيكية التي تعمل على مصادر الطاقة من فحم وغاز وبترول منافسا اقتصاديا كبيرا جعل من الاستمرار في استعمال الطواحين الهوائية أمرا غير اقتصادي، وبذلك كان لابد للطاقة الهوائية أن تنزوي جانبا وأن تفسح المجال للفحم والغاز والبترول، غير أن ازدياد وعي الإنسان لأخطار التلوث وازدياد قناعته ومعرفته بأن مصادر الطاقة الحالية آخذة بالنضوب قد دفع به مرة أخرى إلى التفكير بإعادة استعمال الطاقة الهوائية، ذلك المصدر المتجدد والدائم.

إذن شكلت الطاقة الهوائية مصدرا مهما من المصادر التي استخدمها الإنسان عبر تاريخه في أغراض مختلفة كالزراعة والصناعة والنقل. غير أنه مع نهاية القرن التاسع عشر أخذ الإنسان في التفكير في استخدام الطاقة الهوائية لتوليد الكهرباء، وإذا كان الحديث يدور في يومنا هذا عن الطاقة الهوائية فان الإشارة غالبا ما تعني استعمال هذه الطاقة في توليد الكهرباء التي يمكن استخدامها بعد ذلك في العديد من الأغراض. والتركيز على توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الطواحين الهوائية ليس أمرا اعتباطيا وإنما تفرضه الظروف التي خلقها التطور التكنولوجي في العالم خلال القرنين التاسع عشر والعشرين، فعلى سبيل المثال أدى التطور التكنولوجي في العالم وتوسع الصناعة ومكننة الزراعة إلى ضرورة توفر مصادر الطاقة بشكل دائم وبكميات وفيرة. غير أن الطاقة الهوائية أبعد ما تكون عن الانتظام في توفرها إذ تعتمد كمية الطاقة الممكن استخلاصها من الهواء على سرعة الهواء نفسه، والمعلوم أن سرعة الهواء ليست ثابتة بل تتغير بشكل كبير وخلال فترات قصيرة جدا، وعليه فان أصحاب المصالح الاقتصادية لا يستطيعون تكييف أنفسهم ومصالحهم بحيث ينتظرون هبوب الهواء وتوليد الطاقة ليبدءوا بعدها تشغيل معداتهم وأدواتهم الإنتاجية، أما في القرون الماضية وحين لم يكن الإنتاج قد وصل إلى درجة عالية من التنظيم وحين لم تكن هناك ضرورة حيوية لتوفر مصادر الطاقة طوال الوقت وبكميات وفيرة فقد كان بالإمكان استخدام الطواحين الهوائية لإدارة الآلات والعمل عليها أثناء توفر الطاقة الهوائية، وكان بإمكان الفلاح في السابق أن يؤجل طحن حبوبه لمدة يوم أو يومين، أما في عصرنا الحالي فإن هذا الأمر ليس بتلك السهولة التي سادت في الماضي.

الطاقة الهوائية وتوليد الكهرباء:

مع دخول الإنسان عصر الكهرباء واختراعه للمولدات الكهربائية والمحركات التي تعمل على الطاقة الكهربائية تغيرت صورة وضع الطاقة في العالم، فقد أصبح بالإمكان إنشاء محطة توليد كهرباء في مكان ما وتغذية منطقة بأكملها باحتياجاتها من الطاقة عبر الأسلاك الكهربائية ودون الحاجة إلى تركيب هذه المولدات في كل بقعة ومكان تتوفر فيه الحاجة إلى الطاقة الكهربائية، وتختلف هذه الصورة عن الوضع الذي كانت تعيشه الطواحين الهوائية والتي كان من الضروري ربطها بالآلة المراد استخدامها من أجل تقديم الطاقة المطلوبة، كذلك كانت الطاقة الكهربائية تعني أن الآلات الجديدة العاملة على الطاقة الكهربائية تتلقى كميات ثابتة من الطاقة حسب حاجتها وتعمل على سرعات ثابتة مما يعني أن الإنسان أصبح قادرا على التنبؤ بما سيحصل عليه من آلاته وأدواته، أي أن الأمر لم يعد يعتمد على كمية الطاقة التي يولدها الهواء والتي كما قلنا سابقا تتأثر بشكل كبير بأي تغير في سرعته.

لقد كان من نتائج هذا التحدي الذي واجهته الطاقة الهوائية أن اتجه تفكير الإنسان نحو استخدام ذات الطاقة هذه لتوليد الكهرباء، فإذا كان في استطاعة طاحونة الهواء تشغيل مضخة ماء أو مطحنة دقيق فما الذي يمنع من استخدامها في تشغيل مولد كهربائي لتوليد الطاقة الكهربائية ؟ على هذا بدأت المحاولات منذ أواخر القرن التاسع عشر لتوليد الطاقة الكهربائية بواسطة طواحين الهواء التي تدار بالطاقة الهوائية.

و يعتبر البروفسور الدانمركي لاكور العالم الرائد في مجال توليد الطاقة الكهربائية بواسطة طواحين الهواء[2]، وقد لا نستغرب هذا الأمر إذا علمنا أن الدانمارك كانت إحدى الدول التي شاع فيها استعمال الطواحين الهوائية في القرن التاسع عشر بشكل واسع وبانتشار كبير، فبعض التقديرات تقول إنه كان في الدانمارك حوالي 30 ألف طاحونة هوائية تعمل في الأغراض الزراعية والصناعية وتنتج ما يعادل 200 ميغاواط من الطاقة الكهربائية، ولم تكن تستعمل هذه الطواحين الكثيرة في إنتاج الكهرباء مباشرة لكن الطاقة التي وفرتها كانت تعادل مقدار 200 ميغاواط، بدأ بروفسور لاكور

(2) Mcveigh, J,C.Sun Power, Pergamman Press, London, U.K. 1975.

بالعمل على تطوير الطواحين الهوائية في العقد الأخير من القرن التاسع عشر، وأدت بحوثه المكثفة في هذا المجال إلى إنتاج طواحين هوائية ذات كفاءة أعلى مما كان متعارفا عليه قبل ذلك، وكذلك استطاع البروفسور لاكور إدخال تحسينات على تصميم الطواحين الهوائية مما جعلها أسرع في الدوران وأصبح من الممكن التحكم في سرعتها .

لقد كان من نتاج بحوث البروفسور لاكور أن تم تركيب طاحونة هوائية لها أربع شفرات قطر الشفرة منها 75 قدما وترتكز على برج حديدي ارتفاعه 80 قدما، وقد تم نقل الحركة من أعلى البرج إلى أسفله بواسطة مجموعة من المسننات ربطت إلى مولدين كهربائيين قوة الواحد منهما 9 كيلو واط، وقد كان هذا الحادث أول فتح في مجال توليد الطاقة الكهربائية من الهواء، ومع عام 1910 كان قد تم تطوير مولدات كهربائية تعمل على الطواحين الهوائية بقدرة25 كيلو واط، ولم تتوقف الأمور عند ذلك الحد بل استمرت التطويرات والبحوث في التقدم، ووصل إنتاج الكهرباء من الطواحين الهوائية إلى أعلى مستوى في الدانمارك في شهر كانون الثاني من عام 1942 حيث أنتجت 88 طاحونة هواء ما جموعه 481785 كيلو واط.

لقد أثار توليد الكهرباء الهوائية اهتمام العلماء وشركات الطاقة في الدول الأخرى، ففي عام 1922 كان هناك 54 شركة أمريكية تصنع طواحين هوائية تستعمل في أغراض ضخ المياه وتوليد الكهرباء، و يبدو أن الولايات المتحدة كانت أرضا خصبة لهذا الشكل من التكنولوجيا نظرا لمساحتها الواسعة ولأن الكهرباء لم تكن قد وصلت بعد إلى مناطق الولايات المتحدة كافة، وقد شمل تطوير الطواحين الهوائية إنتاج طواحين ذات أحجام مختلفة وقدرات مختلفة لتناسب احتياجات مختلفة، ومع نهاية العشرينات من هذا القرن كانت تكنولوجيا الطواحين الهوائية قد تطورت بحيث أصبح بالإمكان التحكم بدرجة ميل الشفرة حسب سرعة الهواء من أجل الحصول على أفضل أداء وأفضل كفاءة للطاحونة، كذلك تم إدخال تصاميم جديدة منها الطواحين التي لها شفرتان بدلا من ثلاث وذلك لغرض تقليل الاهتزاز في الطاحونة مما يعني إطالة فترة استخدامها وتقليل آثار الاهتزاز على إجهاد المعادن، وكان الادميرال بيرد قد أخذ معه إحدى الطواحين الهوائية ذات الشفرتين أثناء رحلته إلى القطب الجنوبي في الثلاثينات واستمرت هذه

الطاحونة في العمل حتى عام 1946 حين عاد إلى هناك مرة أخرى، وفي عام 1941 تم تركيب اكبر طاحونة هوائية في فيرمونت في أمريكا وكان لها شفرتان قطر الواحدة منهما 175 قدما، وقد كان مقدرا لهذه الطاحونة أن تنتج 25ر1 ميغاواط، واشتغلت بالفعل لبعض الوقت ثم بدأت بعض المشكلات الميكانيكية تظهر مما أدى إلى غض النظر عن متابعة العمل بها، والواقع أن المشكلات التي ظهرت في هذه الطاحونة العملاقة لم يكن لها علاقة بمفهوم توليد الطاقة الكهربائية وإنما تسببت عن عدم قدرة بعض الأجزاء الميكانيكية على تحمل قوة الهواء والاجهادات الناتجة عن ذلك.

أما في الاتحاد السوفيتي فقد تم بناء أول طاحونة هواء لتوليد الطاقة الكهربائية في عام 1931، وقد ربطت هذه الطاحونة بمولد كهربائي قدرته 100 كيلو واط واحتوى تصميم هذه الطاحونة على جهاز للتحكم بدرجة ميل الشفرة، وبلغ الإنتاج السنوي لهذه المحطة 000 ,279 كيلو واط.

وانتشرت طواحين الهواء المستخدمة في توليد الطاقة في أجزاء أخرى من العالم، فقد تم بناء طاحونتين في بريطانيا بعد الحرب العالمية الثانية قوة كل منهما 100 كيلو واط. وقد تم تركيب واحدة منهما في جزر الأوركني في شمال اسكتلندة، وأما الثانية فلم يكن بالإمكان اختبارها في بريطانيا بسبب الأحوال الجوية الرديئة التي سادت المنطقة التي بنيت فيها المحطة وكانت النتيجة أن تم بيعها إلى شركة كهرباء وغاز الجزائر، وقد تم تركيب هذه الطاحونة بالفعل في الجزائر.

إضافة إلى ذلك انتشرت أجهزة أخرى تعمل بالطاقة الهوائية وتعرف باسم المولدات الهوائية لكنها على العموم ذات قوة صغيرة إذ يتراوح إنتاجها من 2 ,1 - 2 كيلو واط وهي متوفرة في الأسواق الأوروبية[3].

الطاقة الاحتمالية في الهواء:

إن التفكير باستغلال الطاقة الهوائية يتطلب في البداية معرفة الكثير من المعلومات التفصيلية عن حركة الهواء في المنطقة موضع الاهتمام. ويقتضي هذا الأمر القيام بالعديد من القياسات وعلى فترات مختلفة من أجل الحصول على صورة واضحة عن إمكانات استغلال الطاقة الهوائية،

(3) Boyle,G., Living on the Sun, Marion Boyars, London, U.K. 1977,P.61.

لكن ما هي الطاقة الهوائية وما هي مسبباتها؟

إن الطاقة الهوائية ليست في الواقع إلا إحدى نتائج الطاقة الشمسية، فالمعروف أن حركة الهواء تتأثر بالعلاقة بين الشمس وتأثيراتها على الغلاف الهوائي المحيط بكوكبنا، فعندما تسقط أشعة الشمس في منطقة ما فان هذا يؤدي إلى تسخين الهواء، لكننا نعلم أن الهواء يتأثر بالحرارة بشكل كبير إذ يزداد حجمه وتقل كثافته مع ارتفاع الحرارة، ويعني هذا في النهاية تقليل وزن عمود الهواء على وحدة المساحة في المنطقة المعرضة للإشعاع الشمسي الكثير، ويقود هذا بدوره إلى تقليل الضغط الجوي في المنطقة المذكورة، أما في المناطق التي لا يتوفر فيها إشعاع شمسي كثيران ثقل عمود الهواء وبالتالي الضغط الجوي على وحدة المساحة يكون أعلى مما هو الحال في منطقة الإشعاع الشمسي الكثير. نحن هنا إذن أمام اختلاف في الضغط الجوي بين منطقة وأخرى ولابد من معادلة هذا الفرق مادام هناك إمكان فعل ذلك، وعليه فان الهواء يتحرك من المنطقة ذات الضغط المرتفع إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض، إن الفرق في الضغط الجوي بين منطقة وأخرى هو في الواقع نظام تخزين للطاقة وفي الحالة التي نناقشها هنا فان نظام التخزين هذا هو نظام تخزين للطاقة الشمسية، إن الهواء هو الوسيط أو الأداة التي تقوم بمعادلة الضغوط، إن كل ما يستطيع فعله الإنسان للاستفادة من مخزون الطاقة هذا هو أن يقوم بتركيب بعض طواحين الهواء في طريق مسار الهواء للاستفادة من جزء من الطاقة التي يحملها الهواء، ومن الواضح أننا لا نستطيع التحكم في نظام التخزين الذي نتكلم عنه لكننا نستطيع بالتأكيد الحصول على جزء من مخزون الطاقة فيه.

والحقيقة أن الطاقة الهوائية مثلها مثل الطاقة الشمسية وطاقة أمواج البحر وطاقة المد والجزر والطاقة الحرارية في البحار والمحيطات كلها مصادر طبيعية من الطاقة لا نستطيع التحكم في مقدار المخزون فيها وان كان باستطاعتنا أن نحصل على بعض هذا المخزون، ومن الضروري حين نتحدث عن استغلال مصادر الطاقة التي توفرها الطبيعة بشكل مستمر ودائم أن نعي منذ البداية أننا محكومون بالطبيعة ذاتها وبالقوانين التي تتحكم فيها وان كل جهدنا لابد أن ينصب على فهم هذه القوانين من أجل

زيادة قدرتنا على الاستفادة من هذه المعطيات الطبيعية، وصحيح أن باستطاعة الإنسان التدخل في بعض هذه المعطيات لكن تدخله هذا محفوف بالكثير من الأخطار، ومن الأفضل أن تتركز الجهود على توسيع استفادتنا من هذه المعطيات وتكثيف ذلك.

إن حساب كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الهواء ليس بالأمر السهل. فالطاقة التي نستطيع الحصول عليها ليست سوى جزء بسيط من مجمل الطاقة الهوائية المتوفرة. وتعتمد كمية الطاقة الهوائية على عدة عوامل منها مساحة عجلة الطاحونة الهوائية وسرعة الهواء، ولكن إذا كان بالإمكان التحكم في مساحة عجلة الطاحونة الهوائية فمن الصعب جدا أن نطمح إلى التحكم بسرعة الهواء، أو حتى إلى توقع تلك السرعة بشكل دقيق في أية لحظة خلال فترة زمنية معينة، إن حركة الهواء عشوائية ومتقطعة، فسرعة الهواء قد تتغير بمقدار الضعف خلال ثوان قليلة مما يعني أن كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها ستتغير أضعاف المرات. أن هذا ليس بالأمر الغريب وبخاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار أن كمية الطاقة الهوائية تتغير طرديا مع مكعب قيمة السرعة، أن هذا يعني أنه إذا انخفضت سرعة الهواء بمقدار النصف فان كمية الطاقة الهوائية تنخفض الى 125ار من القيمة الأصلية، أما إذا تضاعفت سرعة الهواء فان ذلك يعني زيادة الطاقة بمعدل ثماني مرات.

لكن إذا توفرت معلومات كافية لدى الباحث المختص عن خصائص الهواء في منطقة ما وعن سرعته واتجاهاته ومساراته ومعدل التغير في سرعته والحدود التي تتغير ضمنها سرعته فان بالإمكان الحصول على فكرة معقولة عن كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها فيما لو تم تركيب طاحونة هوائية في المنطقة المذكورة، وبالإمكان حساب كمية الطاقة التي يمتلكها الهواء من خلال المعادلات الرياضية الخاصة بالطاقة الحركية الحركة فالطاقة الحركية لأي جسم متحرك هي نصف حاصل ضرب كتلته في مربع سرعته أرعته وإذا وضعنا الأمر بشكل معادلة رياضية تصبح كالتالي[4]:

(4) Hickok,F., Handbook of Solar and Wind Energy, Cahners Publishing Company, Inc.Ma. USA, 1975, P.58.

الطاقة الحركية = **1/2** x **الكتلة** x **مربع السرعة.**

لكننا نعلم من جانب آخران الكتلة تساوي الحجم مضروبا بالكثافة.

الكتلة = **الحجم** x **الكثافة.**

أما حجم الهواء في بحثنا هذا فيمكن حسابه من معرفة مساحة عجلة الطاحونة مضروبا في سرعة الهواء.

الحجم = **المساحة** x **السرعة.**

إذا قمنا بتعويض معادلتي الحجم والكتلة في معادلة الطاقة الحركية فإننا نحصل على المعادلة التالية:

الطاقة الحركية = **1/2** x **المساحة** x **الكثافة** x **مكعب السرعة**

وحيث إن عجلة طاحونة الهواء تتخذ شكلا دائريا فان المساحة المشار إليها في المعادلة السابقة تكون متناسبة مع مربع قطر العجلة، وعلى ذلك فالطاقة الحركية تصبح متناسبة مع مربع قطر عجلة الطاحونة الهوائية مضروبا في مكعب سرعة الهواء. وإذا كان باستطاعتنا التحكم في مقاييس طاحونة الهواء وقطر عجلتها اعتمادا على المعلومات الهندسية المتوفرة لدينا، فانه من غير الممكن التحكم في سرعة الهواء، وما نستطيع القيام به هو الحصول على المعلومات الخاصة بطبيعة حركة الهواء لتعطينا صورة معقولة عن الطاقة التي يمكن الحصول عليها، لكن وكما هو الحال في الآلات الميكانيكية فإننا لا نستطيع الحصول على كل الطاقة حسب معادلاتنا السابقة، وذلك لأن الطاحونة الهوائية لا تعمل بكفاءة تامة، وكذلك هناك جزء من الطاقة يضيع بسبب الاحتكاك بين أجزاء الطاحونة المختلفة مثل المسننات وغيرها، أما التحديد الآخر فيتعلق بالمولد الكهربائي نفسه إذ أن هذه المولدات تعمل ضمن نطاق معين من السرعات فإذا كانت سرعة الطاحونة أعلى أو أقل من نطاق السرعات المذكورة فان المولد الكهربائي لا يمكنه العمل وإنتاج الطاقة الكهربائية الكهربائي إن معنى هذا أن بإمكان الطاحونة الهوائية أن تكون مصدر طاقة ضمن سرعات معينة للهواء، والمعمول به في المجال العملي أنه إذا زادت سرعة الهواء عن حدود معينة فانه يتم إيقاف الطاحونة تماما إذ أن تشغيلها على تلك السرعات يشكل خطرا على سلامة الطاحونة نفسها ناهيك عن أن المولد الكهربائي نفسه لن يعمل على تلك السرعات العالية.

إن الطواحين الهوائية المتوفرة في عصرنا تعمل ضمن مجال من سرعات الهواء من 8-60 ميلا في الساعة (60, 3- 27 مترا في الثانية). لكن كفاءة الطاحونة تتأثر بشكل مباشر بمدى سرعات الهواء السائدة في المنطقة موضع الاهتمام. فلو افترضنا مثلا أن طاحونة هوائية تعمل بنفس الكفاءة على سرعات هواء من 11- 22 ميلا في الساعة (5-10 أمتار في الثانية)، ولو افترضنا أنه تم تركيب طاحونة هوائية في هذه المنطقة ذات قطر يساوي خمسة أمتار فإن الطاحونة تنتج ما يعادل نصف كيلو واط على سرعة خمسة أمتار في الثانية بينما تنتج حوالي 4 كيلو واط على سرعة هواء تساوي عشرة أمتار في الثانية، أي ما يعادل ثمانية أضعاف إنتاجها على السرعة المنخفضة.

حركة الرياح واختيار الأماكن الملائمة[5]:

لاحظنا من المعادلات أعلاه أن كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الهواء تتناسب طرديا مع مكعب سرعة الهواء. كما لاحظنا أيضا أن أي تغير في سرعة الهواء يؤثر بشكل كبير على كمية الطاقة في الهواء. وبناء على ذلك فإنه من الضروري جدا قبل البدء بتنفيذ أي من مشاريع الطاقة الهوائية الحصول على معلومات كافية ومعتمد عليها عن أحوال التيارات الهوائية في المنطقة موضع الاهتمام. ويجب أن تشتمل هذه القياسات على القيم اللحظية لسرعة الهواء وعلى معدل سرعة الهواء سواء في اليوم الواحد أو خلال الشهر الواحد وحتى العام الواحد. كما يجب معرفة اتجاهات حركة الهواء حتى يمكن الأخذ بعين الاعتبار ما إذا كان سيتم إنشاء طاحونة هواء ثابتة أو متحركة وكذلك لمعرفة ما إذا كان من الضروري التحكم في درجة ميل الشفرة أم لا.

وتقوم محطات الأرصاد الجوية في العادة بأخذ قياسات لسرعة الهواء في المطارات و بعض الأماكن الأخرى، لكن يجب ملاحظة أن هذه القياسات ليست كافية لأغراض دراسة إمكانات استغلال الطاقة الهوائية، إن الأغراض التي تنشأ من أجلها محطات الأرصاد الجوية مرتبطة بحركة الطيران والملاحة الجوية اكثر من ارتباطها بأغراض دراسة حركة الهواء وتياراته،

(5) Simmons, Wind Power, Noyes Data Corp., London England, 1975, P.5.

ففي العادة لا يتم إنشاء المطارات في المناطق التي تسود فيها سرعة هواء عالية، بينما يقوم المختصون في مجال الطاقة الهوائية بالبحث عن هذه الأماكن بالذات إذ أنها في العادة الأماكن المرشحة أكثر من غيرها لإنشاء الطواحين الهوائية، كذلك فان محطات الأرصاد الجوية تقوم بقياس سرعة الهواء على ارتفاع بسيط عن سطح الأرض، لكننا نعلم أن سرعة الهواء تزداد ترديا مع ارتفاعنا عن سطح الأرض، ولذا فمن الضروري حين إجراء مسح عن أحوال الهواء في منطقة ما أن يتم قياس سرعة الهواء على ارتفاعات مختلفة.

أن القيام بقياسات لسرعة الهواء وأحواله في منطقة ما يحقق الأهداف التالية:

1- تقديم معلومات يمكن فيها التنبؤ بكمية الطاقة الناتجة من طاحونة هوائية معينة فيما لو تم إنشاؤها في منطقة القياس، وهذا يستدعي القيام بقياسات لسرعة الهواء في اكثر من منطقة وذلك لتحديد المنطقة المثلى.

2- تقديم معلومات عن تركيب الهواء تحت مختلف الظروف الجوية، وقد رأينا في المعادلات السابقة أنه رغم أن طاقة الهواء تتناسب مع مكعب السرعة إلا أنها في ذات الوقت تتناسب مع كثافة الهواء، ولذلك فكلما ارتفعت درجة حرارة الهواء انخفضت كثافته وانخفضت بالتالي كمية الطاقة.

3- تقديم المعلومات اللازمة والكافية والمعتمد عليها للمختصين في مجالات التصميم والتركيب. وفي هذا المجال، فان القياسات ستمكن المصممين من تقرير ما إذا كان من الضروري استعمال أدوات التحكم باتجاه الطاحونة أو بدرجة ميل الشفرات، كذلك ستمكنهم من حساب القوى المؤثرة على الطاحونة لتصميمها بشكل يجعلها قادرة على تحمل أقسى الظروف الممكنة.

ومن أجل تحقيق، هذه الأهداف فان الأمر يقتضي القيام بقياسات ذات طابع زماني لخصائص الهواء، بمعنى القيام بالقياسات التالية:

1 – قياسات طويلة الأمد:

إن الحصول على سرعة الهواء لمدة طويلة (سنة مثلا) يجعل من الممكن حساب كمية الطاقة الاحتمالية في منطقة القياس، فلو افترضنا أن الطاحونة

الهوائية تعمل بكفاءة ثابتة تحت جميع سرعات الهواء وأن الطاحونة تحمل على جميع سرعات الهواء المتوفرة بغض النظر عن كون السرعة صغيرة أو كبيرة لأمكننا بالفعل استعمال جهاز يقوم بأخذ القراءة اللحظية لسرعة الهواء ثم القيام بعملية تفاضلية لمعادلة الطاقة الحركية والحصول على تقديرات لكمية الطاقة المتوفرة والممكن الحصول عليها، كذلك فإن عملا كهذا يجعل من الممكن إجراء مقارنات بين المناطق، المختلفة من أجل اختيار أفضلها، لكننا نعلم أن الطواحين تعمل بكفاءة مختلفة تحت السرعات المختلفة للهواء وكذلك نعلم أن الطواحين الهوائية تعمل ضمن سرعات معينة للهواء وليس على أية سرعة، إن هذه التحديدات لا تقلل بأي شكل من ضرورة القيام بالقياسات طويلة الأمد، إذ أن هذه القياسات تمكننا من معرفة الفترات الزمانية التي كانت فيها سرعة الهواء ذات قيمة معينة، إن معرفتنا للفترات الزمانية للسرعات المختلفة ولقيم السرعات نفسها تمكننا من حساب كمية الطاقة التي يمكن الاستفادة منها في موقع القياس.

ومن أجل الحصول على كمية الطاقة المتوفرة في الهواء في منطقة ما والتي يمكن الاستفادة منها في ذات الوقت يلجأ المختصون في العادة إلى رسم منحنيات تمثل العلاقة بين سرعات الهواء المختلفة وفتراتها الزمنية، وانطلاقا من هذا المنحنى يتم رسم منحنى آخر يمثل كمية الطاقة المتوفرة على السرعات المختلفة على امتداد فترة القياس. إن المنحنى الأخير ذو أهمية خاصة يستطيع من خلاله الشخص المختص أن يحصل على فكرة عامة عن كمية الطاقة المتوفرة وعن مجال سرعات الهواء التي تعطي أفضل النتائج، واعتمادا على هذه المعلومات يستطيع المختص تحديد الخطوط العريضة التي سيعمل ضمنها أثناء عملية التصميم. ويبين الشكلان (1) و(2) نماذج توضيحية لهذه المنحنيات.

2- قياسات متوسطة الأمد:

تشمل هذه القياسات فترات قصيرة نسبيا أي يوما واحدا أو أياما قليلة. وليس المقصود من هذه السرعات معرفة كمية الطاقة الاحتمالية فقط، وإنما قياس توزيع سرعة الهواء في الاتجاهات الأفقية والعمودية العمودية ومعرفة اتجاه هبوب الهواء ومساراته بمساراته وقياسات كهذه

هي التي تمكن المصمم من حساب القوى المؤثرة على الطاحونة من أجل أخذها بعين الاعتبار أثناء التصميم واتخاذ الإجراءات اللازمة لتلافي آثارها على الطاحونة وأدائها، وهي التي تمكن المصمم من تحديد ما إذا كانت هناك حاجة لتركيب أجهزة التحكم باتجاه الطاحونة وحركة شفراتها، إضافة إلى ما تقدم فان معرفة التغيرات اليومية في سرعة الهواء تمكن المختص من حساب كميات الطاقة الناتجة في كل ساعة من أجل مقارنتها مع كمية الطاقة المطلوبة من المحطة التي هي قيد الدرس. وبهذا يستطيع المختص تقرير ما إذا كانت هناك ضرورة لخزن الطاقة الزائدة-إن توفرت-وأشكال أنظمة التخزين المطلوبة وأحجامها، وسنقوم بالإشارة إلى مسألة تخزين الطاقة الزائدة لاحقاً.

3- القياسات القصيرة الأمد:

إن المقصود بالقياسات القصيرة الأمد هو قياس سرعة الهواء على مدى دقائق قليلة أو حتى ثوان قليلة، ويتطلب هذا النوع من القياسات أجهزة خاصة ذات استجابة سريعة تجعل من الممكن قياس العصفات الهوائية التي تستمر لفترات قصيرة جدا، وتكن فائدة هذه القياسات في دراسة تأثير هذه العصفات التي تكون عالية السرعة في العادة على عمل طاحونة الهواء والمولد الكهربائي وأدائهما أيضا، وتعمل المولدات الكهربائية في العادة ضمن مجال معين من السرعات ويتأثر أداؤها وربما استمرار عملها بالمحافظة على العمل ضمن هذا المجال من السرعات، وحين تزداد سرعة الهواء عن حدود معينة يتم إيقاف المولد حفاظا على سلامته. ولذلك لابد من معرفة خصائص العصفات الهوائية المفاجئة لمعرفة مدى تأثيرها على سلامة المولدات الكهربائية وأخذ الإجراءات اللازمة لاحتواء تأثيرها وذلك أثناء عملية التصميم، كذلك فإن للعصفات الهوائية تأثيرا على بعض الجوانب الميكانيكية من تصميم الطاحونة نفسها والمتمثل بالإجهاد العالي والمفاجئ الذي تتعرض له أجزاء الطاحونة.

وبالنسبة لمستقبل الطاقة الهوائية في العالم العربي يجب القول إنه لا بد من القيام بدراسات وافية وتفصيلية عن أحوال الهواء في العالم العربي قبل تقرير ما إذا كان هناك إمكانية لاستغلال هذه الطاقة المتجددة والدائمة،

ولكن يمكن القول-بشكل عام-إن المناطق الواقعة على سواحل البحار وعلى قمم الهضاب والتلال هي في العادة من الأماكن المرشحة لنجاح مشاريع الطاقة الهوائية، وعليه فإننا نعتقد أن هناك إمكانية لقيام مشاريع الطاقة الهوائية في أجزاء عديدة من العالم العربي، وفي عام 1961 م عقدت الأمم المتحدة مؤتمرا لمنظمة الأرصاد العالمية، وقد تم في هذا المؤتمر نشر نتائج مسح قامت به المنظمة في أجزاء عديدة من العالم من ضمنها بعض الدول العربية. وفي الجدول رقم(1) نقدم نتائج هذا المسح المتعلقة بالعالم العربي.

جدول رقم (1)

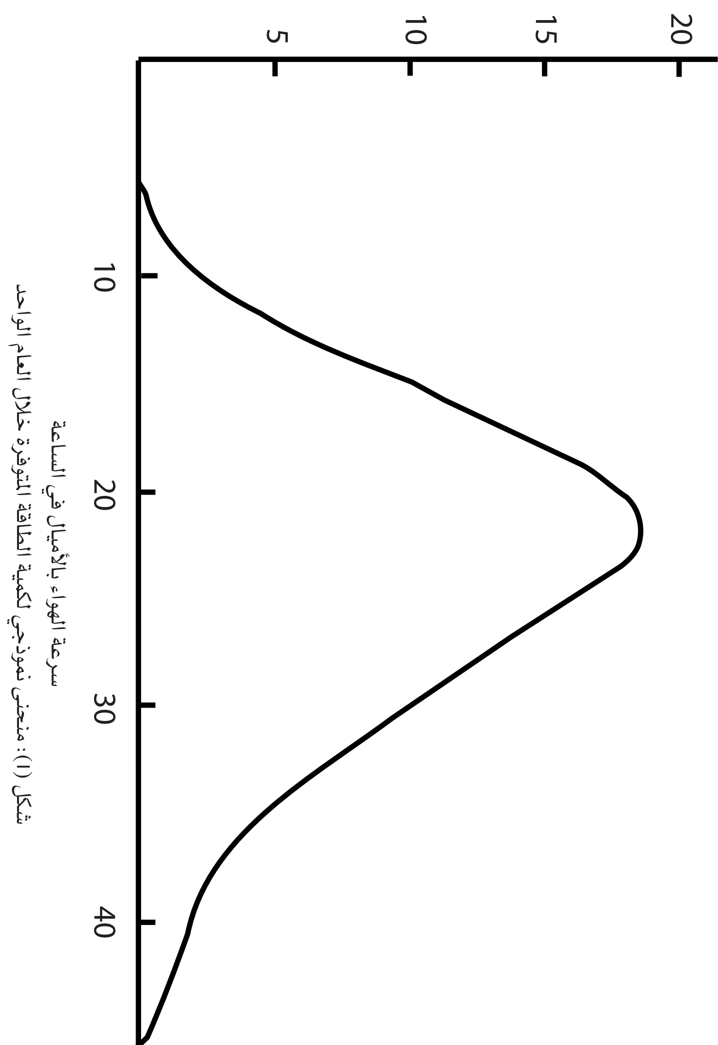
نتائج قياسات سرعة الهواء في بعض الدول العربية

البلد	أدنى سرعة		أعلى سرعة	
	متر/الثانية	ميل/الساعة	متر/الثانية	ميل/الساعة
الجزائر	1.4	3.25	4.6	10.4
مصر	2.4	5.4	5	11.3
ليبيا	2.7	6.1	6.3	14.2
السودان	1.5	3.4	4.4	10
تونس	2.6	5.9	5.9	13.3
السعودية	1.7	3.8	5.6	12.6
العراق	4.1	9.2	4.1	9.2

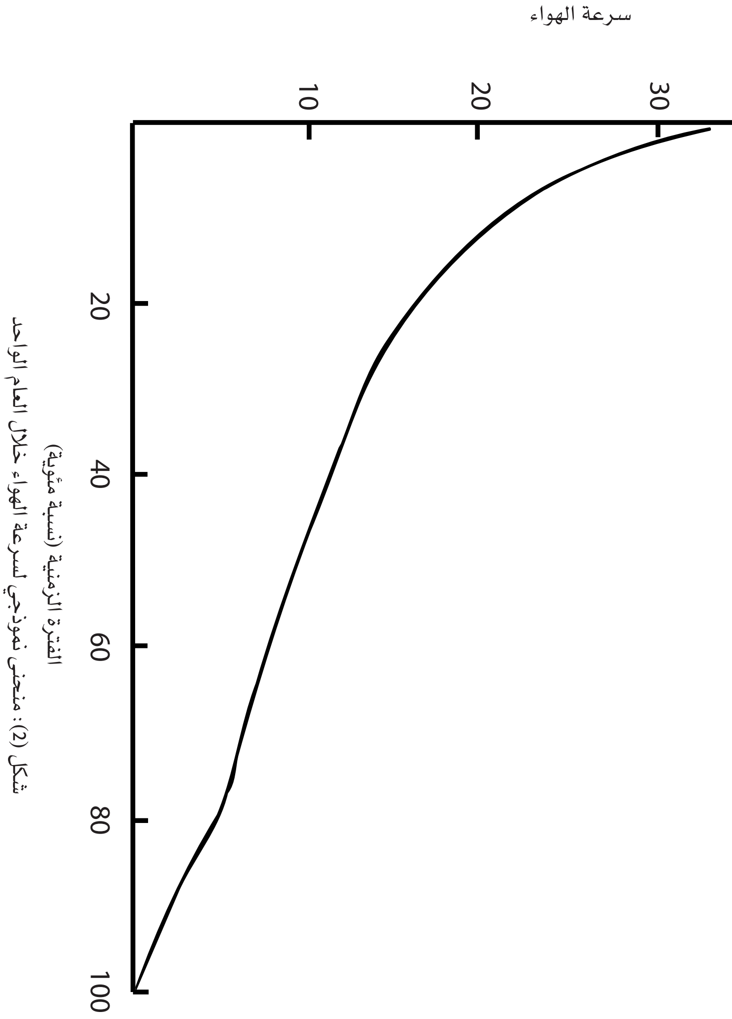
عن : World Meteorological organization, U.N. Conference, August 1961.

تحويل الطاقة الهوائية وخزنها:

إن النجاح في تصميم طاحونة هواء وتركيبها وتشغيلها ليس نهاية القصد من الطاقة الهوائية، ففي الغالب لا يشغل المستهلك العادي نفسه بالسؤال عن الطريقة التي يتم بها ضمان إيصال التيار الكهربائي إلى منزله أو مكان عمله حسب مواصفات ثابتة، إذ أن ما يهم المستهلك في العادة هو توفر مصدر كهربائي صالح للاستعمال ودائم ما أمكن ذلك وأن لا يعرض أيا من الأدوات الكهربائية التي يستعملها للخطر.



شكل (١): منحنى نموذجي لكمية الطاقة المتوفرة خلال العام الواحد



شكل (2) : منحنى نموذجي لسرعة الهواء خلال العام الواحد

إن البحث عن إمكان استخدام الطاقة الهوائية يقتضي بالضرورة دراسة وسائل إيصال هذه الطاقة بشكل مأمون إلى مواقع استهلاكنا بحيث تلبي احتياجات المستهلكين المستهلكان وكما نعلم فان استهلاكنا من الكهرباء ليس ثابتا بل يتغير حسب ساعات النهار، فهناك ساعات يزداد فيها الطلب على الكهرباء بينما يقل الطلب في ساعات أخرى.

إن للطاقة الهوائية مشكلاتها الخاصة في هذا المجال فقد رأينا سابقا أن هذه الطاقة ليست ثابتة بل تتغير بشكل كبير نتيجة لاختلاف سرعة الهواء و بالتالي يتغير إنتاج المولد الكهربائي كذلك فالمولدات الكهربائية تعمل بكفاءات مختلفة تحت السرعات المختلفة للهواء، وهو الأمر الذي يساهم في تغير إنتاج الكهرباء، ومن الجانب الآخر فهناك طلب متغير على الكهرباء من جانب المستهلك.

إذن نحن أمام علاقة يتغير فيها العرض والطلب دون توفر القدرة على التحكم في أي منهما، مع أنه يجب على المختصين في مجال الطاقة الهوائية محاولة تقديم حلول معقولة تضمن خلق توازن بين العرض والطلب، إن خلق حالة التوازن هذه يقتضي دراسة مسألتي تحويل الطاقة الهوائية وخزنها.

إن المقصود بالتحويل هو تحويل الحركة الناشئة عن دوران عجلة الطاحونة الهوائية إلى طاقة كهربائية. وهنا علينا ملاحظة أنه نظرا لان سرعة عجلة الطاحونة متغيرة وتتغير تبعا لذلك السرعة في المسننات التي تقوم بنقل الحركة وهذا يؤدي بالتالي إلى تغير سرعة المولد الكهربائي وبالنتيجة يتم الحصول على تيار كهربائي ذي ترددات (ذبذبات) مختلفة، إن تيارا كهذا لا يصلح لتشغيل المعدات والآلات أو إضاءة المصابيح الكهربائية التي تتطلب جميعا مصدرا كهربائيا ثابت الخصائص ومن أجل حل هذه المشكلة فقد تقدم بعض العلماء المختصين في مجال التحويل الكهربائي بمجموعة من الأفكار مثل تصميم أجهزة تحويل تنتج تيارا بتردد ثابت بغض النظر عن سرعة المولد الكهربائي نفسه، إضافة إلى بعض الأفكار الأخرى التي مازالت قيد البحث والدراسة والتطوير.

وأما بالنسبة لتخزين الطاقة فالمقصود من ذلك الاحتفاظ بهذه الطاقة تحت أشكال مختلفة بحيث يمكن استعمالها وتوليد الكهرباء من هذا المخزون

عند الحاجة، والطرق المتوفرة حاليا لخزن الطاقة الكهربائية بشكل كهرباء تتمثل بشحن البطاريات وإعادة استعمالها عندما تقتضي الحاجة، ولكن من الواضح أن خزن كمية كبيرة من الكهرباء يقتضي استعمال عدد كبير من البطاريات إضافة إلى أن للبطارية عمرا محدودا ويمكن شحنها وتفريغها مرات محدودة، فمثلا تعمل بطارية السيارة على 12 فولت ولها سعة خزن قيمتها 50 أمبير ساعة، أي أن باستطاعتها إعطاء تيار كهربائي قوته 50 أمبير لمدة ساعة واحدة، أو ما يعادل 600 واط ساعة، ويمكننا تكوين صورة عن كمية الخزن هذه إذا تذكرنا أن المصابيح الكهربائية شائعة الاستعمال يستهلك الواحد منا ما بين 60-100 واط ساعة.

لذلك ومن أجل التغلب على هذه التحديدات فقد تم اقتراح أن تستعمل الطاقة الزائدة عن الطلب أو حتى كل طاقة الطاحونة الهوائية لضغط الهواء في خزانات كبيرة تحت الأرض على ضغوط عالية تصل إلى مئات الأرطال على البوصة المربعة، ثم استعمال هذا الهواء المضغوط لتشغيل توربينات موصولة مع مولدات كهربائية، وحيث إن سعة خزان الهواء تكون كبيرة في العادة فانه يمكن ضمان أن يكون هناك مخزون من الهواء كاف لتشغيل التوربين ومولد الكهرباء لفترة طويلة نسبيا قد تصل إلى حوالي أسبوع، وهناك آراء عديدة مطروحة في مجال تخزين الطاقة الهوائية مثل ضخ المياه وخزنها في خزانات ثم استعمالها لتشغيل توربينات مائية.

3 الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات

تغطي البحار والمحيطات مساحات واسعة جدا من سطح الكرة الأرضية، فبينما تبلغ مساحة اليابسة على الأرض 149 مليون كيلومتر، فإن البحار والمحيطات تغطي ما مساحته 361 مليون كيلومتر مربع، أي اكثر من ضعف مساحة اليابسة، ومعروف تاريخيا أن الإنسان استعمل ومازال يستعمل البحار والمحيطات للعديد من الأغراض سواء لإنتاج غذائه أو لانتقاله من مكان إلى آخر. وقد كانت الحاجة هي الدافع الرئيسي وراء اكتشاف الإنسان لكل ما هو مجهول بالنسبة له سواء على اليابسة أو في البحار. واليوم وحيث يعيش الإنسان وهاجس استنزاف مصادر الطاقة التي بين يديه يؤرقه فانه يجد في البحث عن بدائل تخدمه في المستقبل، وكما شكل البحر في الماضي مصدرا مهما لغذاء الإنسان وانتقاله فانه يشكل اليوم-إضافة إلى ما تقدم-مصدرا احتماليا كبيرا من الطاقة.

هناك أشكال عديدة من الطاقة يستطيع الإنسان الحصول عليها من البحر، فهناك حركة المد والجزر التي تؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه

على الشواطئ ثم انخفاضها ضمن حركة دورية تتكرر بشكل منتظم. وقد تمكن الإنسان من الاستفادة من هذه الظاهرة في أعمال الملاحة وأخيرا في توليد الطاقة الكهربائية كما في كندا وفرنسا والاتحاد السوفيتي، كذلك هناك أمواج البحر التي مازالت تشكل خطرا على الكثير من المدن في العالم، وهنا يجري العمل حاليا في بريطانيا واليابان على استغلال طاقة الأمواج هذه في توليد الطاقة، لكن ما يهمنا هنا بالتحديد هو استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات لتوليد الطاقة الكهربائية أو إنتاج الهيدروجين الذي يمكن استعماله كوقود لتوليد الطاقة.

وقد يبدو غريبا للوهلة الأولى أن نتكلم عن الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات خاصة وأننا نعلم أن درجة حرارة مياه البحر لا ترتفع كثيرا حتى في فصل الصيف. فدرجة حرارة الماء السطحية في البحار والمحيطات لا ترتفع إلى اكثر من 30 درجة مئوية في العادة في أي مكان من العالم. وفي العادة تكون أقل من هذا بهذا إذن ماذا نقصد بالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات؟

صحيح أن درجة حرارة مياه البحار والمحيطات لا ترتفع إلى اكثر من 30 درجة مئوية حتى عند خط الاستواء، لكن لو حاولنا أن ننظر إلى أعماق هذه البحار والمحيطات لوجدنا أن هناك صورة مختلفة إذ لا ترتفع درجة الحرارة في أعماق البحار والمحيطات عن 5 درجات مئوية إذن هناك فوارق في درجة حرارة الماء ما بين السطح والقعر، أو ما بين الماء على سطح البحر والماء على عمق مئات الأمتار، إن هذا الفارق في درجات الحرارة هو ما يهمنا هنا وهو ما يشكل مصدرا حراريا كبيرا للإنسان يستطيع استغلاله في توليد الطاقة أو إنتاج الهيدروجين.

لكن من أين تأتي حرارة البحار والمحيطات هذه ؟

هناك مصدر رئيسي هو الشمس، فأشعة الشمس تسقط على سطح الكرة الأرضية سواء اليابسة منها أو البحار وتقوم المياه بامتصاص قسم من هذه الطاقة بشكل طاقة حرارية، كما أن قسما آخر منها يدخل في تبخير المياه التي تتحول إلى غيوم وأمطار، وهناك قسم آخر ينعكس من على سطح المياه وينتشر في الجو، ومن مجمل الطاقة الشمسية الساقطة

على البحار والمحيطات يهمنا هنا ذلك الجز منها الذي تمتصه المياه ويتحول إلى طاقة حرارية تؤدي إلى رفع درجة حرارة المياه على السطح، أما المياه الموجودة على أعماق مئات الأمتار فان تأثرها بالشمس قليل بسبب أن على الحرارة أن تخترق مسافات طويلة للوصول إلى مياه الأعماق، ولذلك تبقى هذه الطبقات من المياه أبرد منها على السطح، وتتشكل بالتالي حالة من التدرج الحراري تتميز بارتفاع درجة الحرارة على السطح فوق درجة الحرارة في الأعماق، وهذا الفارق في درجات الحرارة هو ما يشكل خزانا احتماليا كبيرا من الطاقة.

ويشير ظاهر الأمر إلى أن هناك اختلافا في طبيعة التدرج الحراري بين التدرج في البحار والتدرج في اليابسة وكما سنشير في الفصل الخاص بالطاقة الجيوحرارية فإن درجة حرارة الأرض تزداد مع ازدياد العمق، بينما نلاحظ أن الوضع في البحار والمحيطات مختلف إذ تنخفض درجة الحرارة مع ازدياد عمق المياه، و يعزي هذا الاختلاف الظاهري إلى طبيعة العوامل المولدة للتدرج الحراري في كلتا الحالتين، فالتدرج الحراري في البحار والمحيطات ينشأ عن تأثير سقوط أشعة الشمس على المياه مما يؤدي إلى تسخين طبقات المياه على السطح بينما تبقى الطبقات العميقة على درجات حرارة منخفضة لا تتأثر بأشعة الشمس، أو يكون تأثير أشعة الشمس قليلا جدا، أما الطاقة الجيوحرارية فهي تحدث بسبب المصادر الحرارية الموجودة في باطن الأرض وليس بسبب سقوط أشعة الشمس على اليابسة، ومصادر الطاقة الجيوحرارية هذه تتشكل من إشعاعات المواد المشعة الموجودة في باطن الأرض ومن عوامل احتكاك الطبقات الأرضية بعضها ببعض وأسباب أخرى، إضافة إلى ما تقدم علينا ملاحظة أنه بينما نتحدث في حالة البحار والمحيطات عن أعماق لا تصل إلى اكثر من مئات قليلة من الأمتار فان حديثنا عن الطاقة الجيوحرارية يعني آلاف الأمتار.

ولكن لو نظرنا إلى التدرج الحراري في الأرض في فصل الصيف مثلا وعلى مسافة عشرات الأمتار فسوف نصل إلى صورة مشابهة لما نراه في البحار والمحيطات، والسبب في ذلك يعود إلى أن الطبقة الأرضية التي لا يتجاوز سمكها سوى عشرات الأمتار تتعرض إلى ذات المصدر الحراري الذي يؤثر على البحار وهو الطاقة الشمسية، فلو نظرنا إلى التدرج الحراري

في بلد مثل الكويت في فصل الصيف على عمق عشرات الأمتار لوجدنا أن درجة الحرارة تنخفض مع ازدياد العمق، أما إذا أخذنا القاعدة القياسية على أساس أعماق آلاف الأمتار فسنجد أن الصورة تختلف وأن درجة الحرارة تزداد، وقد أدرك الإنسان ني منطقة المشرق العربي حقيقة أن درجة حرارة الأرض على أعماق أمتار قليلة أبرد نسبيا منها على السطح، واستفاد من هذه الحقيقة في إنشاء السراديب في البيوت لاستعمالها في الصيف حين تكون الظروف داخل البيوت المبنية فوق سطح الأرض حارة وغير مريحة للسكن فيها.

من الجانب الآخر لو نظرنا إلى ما يحصل في شمال العالم في فصل الشتاء لوجدنا أن سطوح البحيرات والأنهار وبعض البحار تتجمد بفعل البرد الشديد بينما لا تتجمد المياه في الأعماق، هنا نواجه حالة مختلفة تتميز بوجود درجة حرارة منخفضة على السطح بينما تكون درجة الحرارة في الأعماق أعلى نسبيا، عليه نستطيع أن نرى أن ما يحدد درجة الحرارة على السطح هو طبيعة الظروف المناخية السائدة في المنطقة التي هي قيد الدراسة، بينما تنحو درجة الحرارة في الأعماق إلى أن تبقى شبه ثابتة على مدار العام، والسبب في ذلك يعود إلى طبيعة انتقال الحرارة في المواد المختلفة والى الخصائص الحرارية لهذه المواد.

ولكي نعود مرة أخرى إلى موضوعنا نقول إن اهتمامنا يتركز على تلك المناطق البحرية التي يتوفر في تدرج حراري يكون فارق درجات الحرارة فيه بين مياه السطح والمياه على عمق مئات الأمتار في حدود15 درجة مئوية فأكثر، وإذا كنا نتكلم عن أعماق مئات الأمتار فإننا نقصد بذلك أن التكنولوجيا المتوفرة حاليا يمكنها استغلال مصدر الطاقة هذا حتى ولو كانت المياه الباردة على مثل هذه الأعماق، وسنتكلم في الصفحات القادمة عن الجوانب العملية لاستغلال هذا المصدر.

خلفية تاريخية:

الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات غير مستغلة للآن رغم تأكيدات العلماء والمختصين أنه لا توجد مشكلات تكنولوجية أو علمية تعترض سبيل استغلال مصدر الطاقة هذا، وقد يكون العائق أمام استغلال هذا المصدر

من الطاقة هو المبلغ الكبير من الاستثمارات المطلوبة لإنشاء محطة كهربائية واحدة تعمل على مصدر الطاقة الحرارية في البحار، ويتفق معظم المختصين والعاملين في هذا المجال على أن إنشاء محطة تجريبية سيكلف مئات الملايين من الدنانير وبخاصة إذا كانت قدرة مثل هذه المحطة حوالي 100 ميغاواط، ويبدو أن تكاليف إنشاء محطات كهربائية تعمل على مصدر الطاقة هذا سيكلف ضعف تكلفة إنشاء محطة تعمل بالطاقة النووية وبذات قدرة الإنتاج.

كما يبدو أن هذه التكاليف العالية هي السبب في تردد الحكومات والشركات الخاصة في الإقدام على مثل هذه المشاريع لأن فكرة الاستفادة من فوارق الحرارة في البحار والمحيطات ليست بالأمر الجديد بل يبلغ عمرها حوالي قرن كامل من الزمان. ففي عام 1881 نشر العالم الفرنسي جاك دارسونفال آراءه وأفكاره عن إمكان إنشاء محطات بخارية تعمل على الفوارق في درجات الحرارة في البحار، إلا أن أفكار دارسونفال لم توضع موضع التطبيق لمدة تقرب من نصف قرن، أي حتى نهاية العشرينات من هذا القرن، ففي. الفترة 1929-1930 قام المهندس الفرنسي جورج كلود بتركيب محطة تعمل حسب أفكار دارسونفال في خليج ماتنزاس في كوبا[1]، وقام كلود بتركيب المحطة على اليابسة وكانت تتغذى بالمياه المطلوبة عبر أنابيب تمتد من البحر إلى المحطة، وكانت قوة المحطة 22 ميغاواط وتعمل على فرق في درجة الحرارة بين مياه السطح ومياه الأعماق مقداره 26 درجة فهرنهايت، إذ كانت درجة حرارة المياه الساخنة 81 درجة فهرنهايت والمياه الباردة على عمق 700 متر 55 درجة فهرنهايت.

وقد قام كلود بنقل المياه عبر أنبوب قطره 160 سم وطوله كيلومتران. واشتغلت المحطة المذكورة خلال الفترة 1929-1930 ثم توقفت بسبب المشكلات التي واجهها كلود، والواقع أن مشكلات كلود كانت علمية ومحكومة بالمستوى التكنولوجي السائد في تلك الفترة ولكن المعارف والعلوم البشرية تطورت كثير من أيام تجربة كلود إلى يومنا هذا مما أصبح معه بالإمكان التغلب على المشكلات التي واجهت كلود، وقد تركزت مشكلات كلود في مشكلات التآكل والصدأ الناتجة عن ملوحة مياه البحر وكذلك واجهته مشكلات

(1) Hagen, A.W. Thermal Energy From The Sea Noyes Data Corporation London,1975,P.3.

توفر مواد ذات خصائص ملائمة وفعالة لانتقال الحرارة، وقد أمكن التغلب على الكثير من مثل هذه المشكلات العلمية في وقتنا الحاضر إلى درجة أن الجهات ذات الاختصاص العلمي تتكلم بثقة في هذا المجال، وقد عبر أحد العاملين في هذا المجال عن ثقته بإمكان استغلال مصدر الطاقة هذا بقوله «إن القضية أن نبدأ العمل»[2].

وفي أوائل الخمسينات من هذا القرن دخلت شركة فرنسية مجال استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات، وقد اختارت الشركة موقعا في أبيدجان في ساحل العاج لإنشاء محطة كهربائية تعمل على البخار[3]، وكان من المقرر لهذه المحطة أن تعمل على فارق درجات حرارة مقداره 20 درجة مئوية، وكان سيتم ضخ المياه الباردة من عمق 430 مترا في أنبوب قطره متران وطوله 4 كيلومترات، كذلك قامت الشركة نفسها بتصميم محطة أخرى لإنشائها في لاغويلوب، غير أن أيا من المشروعين لم يدخل حيز التطبيق بسبب الظروف التي سادت العالم في الخمسينات والستينات والتي تميزت بتوفر مصادر الطاقة النفطية بشكل رخيص ومنافس في ذلك الوقت على الأقل لمصادر الطاقة الأخرى، وبهذا تكون المحاولتان الفرنسيتان قد فشلتا، الأولى بسبب النقص في الخلفية التكنولوجية، والثانية بسبب الظروف السائدة في عالم الخمسينات.

وفي أواسط الستينات بدأ الاهتمام مرة أخرى يتجه نحو مصادر الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات، فقد اقترح المهندس الأمريكي هيلبرت اندرسون استغلال مصدر الطاقة هذا بواسطة استعمال محطات تعمل على غازات عضوية بدل البخار[4]، ومن خصائص هذه الغازات أنها تتبخر على درجات حرارة منخفضة بحيث يمكن استعمالها في تشغيل توربينات تربط بمولدات كهربائية، وفي أوائل السبعينات انتقل الاهتمام بمصدر الطاقة هذا إلى الجامعات الأمريكية التي أخذت تدرس إمكان استعمال الغازات العضوية بدل البخار في المحطات وقاد البروفسور وليام هور ينموس من جامعة ماساشوستس فريقا من الباحثين لدراسة إمكان استغلال التدرج

(2) Herman, S.W.(Energy Futures), Ballinger Publishing Co, Cambridge, Mass, U.S.A,1977,P.152.

(3) Hagen, op.Cit p2.

(4) Herman, S.W.op.cit. P.150.

الحراري في البحار في تشغيل محطة تعمل على غاز البروبين[5]، وتقوم الفكرة على تبخير هذا الغاز في مبخر يستمد حرارته من المياه ذات درجة الحرارة العالية نسبيا والموجودة على سطح البحر، ليستعمل هذا الغاز بعد ذلك في تشغيل توربين مربوط بمولد كهربائي، أما الغاز الخارج من التوربين فيتم تكثيفه في مكثف يستعمل المياه الباردة من الأعماق. بعد ذلك تقوم مضخة بضخ غاز البروبين المكثف إلى المبخر مرة أخرى وهكذا، و يدعي نظام التشغيل هذا بالدورة المقفلة حيث إن الغاز المستعمل يتم تدويره في أجزاء المحطة المختلفة بشكل دائم فهو ينتقل من المبخر إلى التوربين إلى المكثف فالمبخر، وهكذا تستمر الدورة. وهذه الفكرة تختلف عن الأفكار التي استعملها العلماء الفرنسيون في محاولاتهم السابقة فقد اعتمد هؤلاء على تبخير الماء تحت ضغوط منخفضة اقل من الضغط الجوي، فالمعلوم أنه حين يقل الضغط على سطح الماء فان درجة حرارة تبخره تقل أيضا، وكان بخار الماء الناتج يستعمل في تشغيل توربين ثم يتم تكثيفه في مكثف ويقذف به إلى خارج المكثف. وحيث إن خطوات هذه الدورة تسير في اتجاه واحد فهي تعرف باسم الدورة المفتوحة.

ثم ظهر فريق آخر من العاملين في استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات في جامعة ميلون-كارنيجي بقيادة البروفيسور زينير[6]، وتقوم فكرة جامعة ميلون-كارنيجي على استعمال الدورة المغلقة أيضا واستعمال الأمونيا بدل البروبين في تشغيل التوربينات، وفي كلتا الفكرتين الأمريكيتين اقترح إنشاء محطة التوليد في عرض البحر بدل إنشائها على الشاطئ كما فعل الفرنسيون، إن هذا العمل يقلل بالتأكيد من تكاليف مد خطوط المياه الطويلة الحاملة للماء البارد من قعر البحر إلى الشاطئ، ولكنه من جانب آخر يطرح مشكلات نقل الكهرباء المتولدة من عرض البحر إلى الشاطئ، لذا تقترح فكرة جامعة ميلون-كارنيجي أن تستخدم الطاقة المتولدة من التوربين في القيام بالتحليل الكهربائي للماء وإنتاج الهيدروجين الذي ينقل من ثم إلى الشاطئ أما بواسطة أنابيب أو بواسطة سفن خاصة.

في عام 1974 عهدت مؤسسة العلوم القومية في أمريكا إلى شركتين

---

(5) المصدر السابق ص 150

(6) المصدر السابق، ص 150

أمريكيتين دراسة الجوانب العملية لاستغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات. وكانت نتيجة أبحاث الشركتين أنه لا توجد أية عوائق فنية أمام بناء محطات تجريبية لاستغلال هذا الصدر من الطاقة. غير أن تكاليف إنشاء مثل هذه المحطات سيكلف مئات ملايين الدولارات، إذ أن معدل تكلفة المحطة تصل إلى اكثر من ألفي دولار للكيلو واط الواحد، وعليه فان إنشاء محطة تجريبية قدرتها 100ميغاواط (100 ألف كيلو واط) ستكلف اكثر من 200 مليون دولار، والى الآن لم يتم إنشاء أية محطة تجريبية غير أن من المتوقع أن يتم ذلك في خلال السنوات العشر القادمة [7].

اختيار المواقع الملائمة:

يتطلب استغلال أي مصدر من مصادر الطاقة توفر مجموعة من الشروط تجعل من مثل هذا الاستغلال أمرا ممكنا من الناحية العلمية والعملية، فقد توجد هناك بعض المصادر التي لا تتوفر التكنولوجيا الملائمة لاستغلالها، فلو افترضنا مثلا أن هناك مصادر نفطية على أعماق عشرات آلاف الأمتار تحت سطح الأرض فان المعطيات التكنولوجية المتوفرة حاليا تجعل من استغلال مثل هذا المصدر أمرا شبه مستحيل في الوقت الحاضر، ثم هناك مجموعة العوامل الاقتصادية التي تتطلب قبل كل شيء إمكان استغلال مصدر الطاقة بتكلفة معقولة تحددها في العادة مجموعة من المتغيرات الاقتصادية كالأسعار وكمية الطلب ومنافسة المصادر الأخرى، وهناك أيضا العوامل البيئية التي بدأت تفرض نفسها بشكل واضح بعد ازدياد وعي الإنسان بالأخطار الجسيمة الكامنة في الاستغلال اللاعقلاني لمصادر الطاقة، والطاقة الحرارية في البحار والمحيطات لا تختلف عن غيرها من مصادر الطاقة حيث إن لها مشكلاتها الخاصة وان استغلالها مرتبط بتوفر مجموعة من الشروط الملائمة.

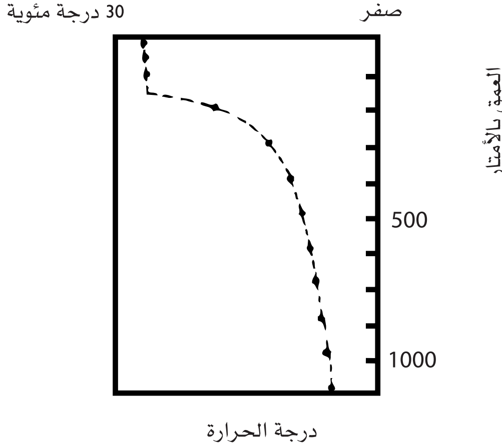
إن الشرط الأساسي والضروري لتوفر إمكان استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات هو توفر فارق في درجة الحرارة بين مياه السطح ومياه الأعماق بحيث لا يقل هذا الفرق عن 15 درجة مئوية في العادة، والسبب في ذلك هو حقيقة أن كفاءة المحطات التي تعمل على فروق درجات حرارة

(7) المصدر السابق،

المياه تكون في العادة منخفضة جدا ولا تزيد عن اكثر من 2-3٪ مقارنة بكفاءة في حدود 30٪ للمحطات التي تعمل على الفحم والبترول، والواضح أن عنصر الطاقة في البحار والمحيطات عنصر مجاني بمعنى أن صاحب المحطة لا يدفع ثمنه، كما هو الحال مع الفحم والبترول، وعليه، فان الكفاءة المنخفضة جدا للمحطات العاملة على مصدر الطاقة الحراري في البحار لا تشكل عائقا أمام استثماره بشرط توفر فارق معتدل في درجات الحرارة، ويمكن القول بشكل عام ودون تخصيص إن أكثر الأماكن ملاءمة لإنشاء مثل هذه المحطات هي المناطق البحرية بين المدارين، أي تلك المنطقة الواقعة بين خطوط العرض 5 , 23° شمال خط الاستواء و5 , 23° جنوبه، فكمية الإشعاع الشمسي الساقطة في هذه المنطقة تكون في العادة أعلى منها في المناطق، الواقعة على خطوط العرض الأخرى الأكثر بعدا عن خط الاستواء ثم إن هذه المناطق بسبب بعدها عن القطبين الشمالي والجنوبي تكون على الأغلب أقل تأثرا بالبرودة الشديدة السائدة في القطبين مما يسمح بإمكانية تواجد فارق حراري بين السطح والأعماق يجعل من الممكن تشغيل المحطة على مدار السنة.

ولو نظرنا إلى التدرج الحراري من السطح إلى الأعماق في البحار المدارية لوجدنا الصورة التالية: تكون درجة الحرارة على السطح في حدود 27-25 درجة مئوية وتبقى ضمن هذه الحدود في طبقة مائية سمكها من 50ـ100 متر. ثم تأخذ درجة الحرارة بالانخفاض السريع لتصل إلى حوالي 10 درجات مئوية على عمق 200 متر ويعرف هذا الانخفاض السريع في درجة الحرارة باسم «الانحدار الحراري»، بعد ذلك تأخذ درجة الحرارة بالانخفاض بمعدل بطيء فتصل إلى 7 درجات مئوية على عمق 700 متر، والى 5 درجات مئوية على عمق، ألف متر تقريبا، ولا تنخفض درجة الحرارة في مثل هذه المناطق، حتى على أعماق أكبر عن 4 درجات مئوية، على أن نموذج التدرج الحراري هذا لا يأخذ في الاعتبار وجود أية مصادر حرارية في قعر البحر مثل مصادر الطاقة الجيوحرارية، فالمعروف أن هناك مناطق في قعر البحار والمحيطات مازالت نشيطة بركانيا، و ينطلق من التشققات في قعر البحر كميات كبيرة من الحرارة قد تؤدي إلى رفع درجة حرارة المياه موضعيا وتغير من الصورة التي أوضحنا فيما سبق. إن التدرج الذي

نتكلم عنه هنا هو ذلك الموجود في غياب وجود تأثيرات المصادر الحرارية الأخرى، ويعطي رقم(١) صورة عن هذا التدرج.



شكل (١): التدرج الحراري في البحار والمحيطات

إذا توفر وجود التدرج الحراري الملائم في منطقة ما تأتي بعد ذلك مسألة اختيار موقع المحطة نفسها، فالمحطة إما أن يتم إنشاؤها على اليابسة أو على منصة في عرض البحر. ففي الحالة الأولى يكون المطلوب ضخ المياه الساخنة والباردة من البحر إلى المحطة عبر أنابيب تمتد إلى مسافة كيلومترات عديدة، وحيث إن المحطات تتطلب كميات كبيرة جدا نظرا للانخفاض النسبي لدرجات الحرارة وللانخفاض النسبي في فوارق درجات الحرارة فان أحجام أنابيب ضخ المياه تكون في العادة كبيرة، لذا حتى إذا توفر فارق درجات الحرارة على مسافات بعيدة في عرض البحر فقد يصبح من غير المقبول علميا وعمليا واقتصاديا إنشاء محطات للطاقة على اليابسة، ومن الضروري أن تكون منطقة اليابسة-حيث تبنى المحطة- من المناطق التي يسهل الوصول إليها وغير وعرة، لأن وجود محطة طاقة يتطلب نقل الكثير من التجهيزات والعدد والأدوات والمكائن والعاملين في المحطة أنفسهم واحتياجاتهم اليومية من غذاء وما شابه، بالإضافة إلى ذلك، يفضل أن تنشأ المحطة في مناطق قريبة من أسواق استهلاك الطاقة

مثل المناطق الصناعية أو المدن والتجمعات السكنية الأخرى. ولكن من المحتمل أن تعمل هذه المحطات-فيما لو كانت قريبة من المناطق الريفية- على تزويد هذه المناطق بحاجتها من الطاقة الكهربائية وبخاصة إذا كان من الصعب إيصال الكهرباء لهذه المناطق من الشبكة الكهربائية العامة، إن توفر أسواق الاستهلاك أمر ضروري إذ لا حاجة للاستثمار في مشاريع تنتج سلعا لا يتوفر لها مستهلكون.

أما في الحالة الثانية حيث يتم إنشاء المحطة في عرض البحر فان الوضع يختلف، فلا حاجة هنا إلى مد أنابيب طويلة لنقل المياه مثلا، ولكن يكون من الضروري هنا إنشاء منصة قوية وكبيرة قادرة على تحمل الوزن الكبير للمحطة، ورغم أن إنشاء هذه المنصات كانت تعترضه بعض الصعوبات في الماضي إلا أن تطور تكنولوجيا التنقيب عن البترول في البحار شديدة العواصف والأمواج مثل بحر الشمال قد جعل الأمر في متناول القدرات التكنولوجية السائدة في عالم اليوم، وقد يكون من المطلوب ضرورة تطوير تصاميم هذه المنصات بشكل اكثر ملاءمة لأغراض استغلال مصادر البحار الحرارية، لكن العلماء والمختصين في هذا المجال لا يجدون أية صعوبات تكنولوجية أمام مثل هذا التطوير، وربما تكمن مشكلتهم الوحيدة في أنه لم يتم إنشاء أية محطة عائمة إلى الآن بحيث يستطيعون إجراء الدراسات والقيام بالتحليلات المطلوبة.

إن إنشاء محطات عائمة على ظهر منصات في عرض البحر يتطلب القيام بدراسات واسعة ومكثفة لأحوال المناخ وأحوال البحر، فمن الضروري معرفة طبيعة الرياح السائدة وقوتها واتجاهاتها برعاتها وتأثيرها على المنصات، ثم من الضروري معرفة طبيعة أمواج البحر وتحركاتها وقوتها ومدى تحمل المنصة في ظل الظروف المختلفة، فكثيرا ما نسمع عن حدوث اعصارات قوية في مختلف مناطق، العالم تؤدي إلى تهديم البيوت وفيضان مياه البحار على اليابسة، إن المنصة القائمة في عرض البحر لا يحميها من مثل هذه الأمواج الكبيرة أو الأعاصير سوى قدرتها على المقاومة، ولذا لابد من أخذ هذه الأمور بعين الاعتبار في حالة التصميم واختيار المواقع، ثم هناك التيارات البحرية التي تسير بسرعات تصل إلى أميال قليلة في بعض الأحيان والتي إذا كان موقع المحطة أو المنصة في مجراها فإنها ستعرض

المنصة أو المحطة إلى قوة مؤثرة بشكل مستمر، ولذا ينبغي أخذ الاحتياطات اللازمة، ولكن من ناحية أخرى فقد تكون مثل هذه التيارات ذات فائدة لعمل المحطة، إذ المعروف أن سرعة انتقال الحرارة من سطح صلب إلى سائل جاور تزداد مع ازدياد سرعة السائل، وهذا يعني أن الحرارة تنتقل عبر سطوح المحطة بمعدل أسرع، مما يساعد في تحسين كفاءة المحطة.

وإذا تم اختيار موقع المحطة على أن يكون في عرض البحر فستظهر مسألة نقل الطاقة من المحطة إلى اليابسة لتوزيعها من ثم على مختلف أشكال الاستعمالات، وهناك الآن خياران أمام العلماء لنقل الطاقة من عرض البحر إلى اليابسة، الخيار الأول هو إنتاج الطاقة الكهربائية في عرض البحر ونقلها بواسطة أسلاك كهربائية تمتد عبر مياه البحر إلى اليابسة. ولكن إذا كانت المحطة على مسافة بعيدة عن اليابسة فهذا يعني تركيب أسلاك وكابلات طويلة مما يزيد التكلفة الاقتصادية أولا و يؤدي إلى فقدان قسم من الطاقة الكهربائية بسبب طول الأسلاك ثانيا، أما الخيار الآخر فهو استعمال الطاقة المتولدة من المحطة في أعمال التحليل الكهربائي للمياه لإنتاج الهيدروجين، والهيدروجين كما هو معروف غاز قابل للاشتعال ويمكن استعماله في العديد من الأغراض لتوليد الطاقة، أما بالنسبة لنقل الهيدروجين من المحطة في عرض البحر إلى اليابسة فهذا لا يشكل أية مشكلة إذ أن تكنولوجيا نقل الغاز الطبيعي في الأنابيب في عرض البحار متقدمة بما فيه الكفاية لضمان سلامة نقل الهيدروجين، كما أنه من الممكن نقل الهيدروجين بواسطة السفن بذات الشكل الذي يتم به نقل الغاز الطبيعي.

وإذا ما أنشئت محطة التوليد في عرض البحر أو في خليج مثلا فيجب الأخذ بعين الاعتبار لخطوط الملاحة الموجودة في المنطقة التي هي قيد الدراسة بحيث لا تعترض المحطة خطوط سير السفن والناقلات الكبيرة.

هناك جانب آخر يتحكم في اختيار موقع المحطة سواء على اليابسة أو في عرض البحر وهو طبيعة نظام إنتاج الطاقة المقترح، فهناك محطات تعمل على الدورات المفتوحة والتي يتم فيها إدارة التوربين بواسطة بخار ماء على ضغط قليل، فبعد خروج البخار من التوربين يذهب إلى المكثف حيث يتحول إلى ماء مرة أخرى، وإذا أخذنا بالاعتبار كميات الماء الكبيرة

المستعملة في محطات الطاقة هذه نجد أنفسنا أمام مصدر من الماء النقي الذي يمكن استعماله في العديد من الأغراض خاصة وان مناطق كثيرة في العالم تعاني من نقص متزايد في مصادر المياه. إن الاستفادة من هذا الماء النقي سيزيد من محاسن مصدر الطاقة هذا ويجعله موضع اهتمام متزايد.

الجانب الثالث في دراسة ملاءمة المواقع لإنشاء محطات الطاقة هو الجانب البيئي. فالبحار مملوءة بأنواع مختلفة من الحيوانات المائية التي تعيش في ظل ظروف خاصة وتتغذى على عناصر معينة في مياه البحار وقد تأقلمت حياتها على درجات حرارة معينة أيضا. ومما لا شك فيه أن إقامة محطات الطاقة في عرض البحر بخاصة سيعني تدخلا في طريقة حياة هذه الكائنات البحرية، فأجزاء المحطة الرئيسية مثل المبخر والمكثف تكون في العادة كبيرة الحجم مما يعني أنها ستحتل حيزا كبيرا كانت تنعم فيه الكائنات البحرية، ومن جهة أخرى، وحيث إن مياه الأعماق الباردة تستعمل لتبريد المكثف فان هذا يعني احتمال ارتفاع درجة حرارة الأعماق بمقدار بسيط. لكن مثل هذه الجوانب لا تشغل بال المهتمين بالبيئة إذ أنهم يعتقدون أن تحريك المياه داخل البحر سيؤدي إلى نقل كميات من مياه الأعماق إلى الأعلى، وحيث إن مياه الأعماق تحوى الكثير من المواد الغذائية للأسماك فانهم يتوقعون أن يؤدي هذا إلى تنشيط الحياة البحرية بدل تعريضها للأخطار.

إذن فالتفكير في استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات يتطلب دراسات واسعة ومفصلة للبيئة البحرية تغطي الجوانب العديدة من التركيب الطبوغرافي للبحار إلى الخصائص الحرارية الموضعية والأحوال المناخية السائدة وطبيعة الأمواج والتيارات البحرية السائدة والجوانب البيئية المختلفة لحياة الكائنات البحرية وطبيعة المتطلبات الاقتصادية في المنطقة المذكورة.

طرق الاستفادة من حرارة البحار والمحيطات:

تتمثل الطرق المطروحة حاليا لاستخدام الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات، الناتجة عن فروق درجات الحرارة بين مياه السطح ومياه الأعماق، باستعمال المكائن الحرارية التي تعمل إما على الدورة المفتوحة أو الدورة المقفلة. وهناك تشابه في الخطوط العامة للأنظمة العاملة على أي

من الدورات السابقة، فكلها بحاجة إلى مبخر، أما لإنتاج بخار الماء كما هو الحال في الدورة المفتوحة أو لتبخير الغاز العضوي المستعمل إلى ضغوط عالية، ثم هناك الحاجة إلى توربين يربط بمولد كهربائي لإنتاج الكهرباء أو الهيدروجين بواسطة التحليل الكهربائي، وقد يعمل التوربين على البخار ذي الضغط المنخفض أو على الغاز ذي الضغط العالي، أما الجزء الثالث الرئيسي فهو المكثف حيث يتحول بخار الماء بعد خروجه من التوربين إلى مياه نقية أو يتكثف الغاز.

هذه هي إذن الأجزاء الرئيسية الثلاثة التي يتكون منها أي من الأنظمة العاملة على الدورات المفتوحة أو المقفلة، ولكن هناك بعض الأجهزة الأخرى التي تستعمل حسب الخصائص الذاتية لكل نظام، فمثلا تستعمل المضخات في الدورات المفتوحة لضخ المياه من المكثف إلى اليابسة حيث يجري استعمالها، وكذلك تستعمل مضخات أخرى للتخلص من الغازات التي لا تتكاثف والموجودة في بخار الماء مثل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون أو أية غازات أخرى قد تكون ذائبة في المياه التي تدخل إلى المبخر، كذلك إذا أنشئت المحطة العاملة على الدورة المفتوحة على اليابسة فلابد من استعمال مضخات لضخ كميات المياه المطلوبة للتبخير والتبريد. أما في الدورات المقفلة فهناك المضخات المستعملة لضخ الغاز المتكثف من المكثف إلى المبخر، كما قد توجد حاجة إلى تركيب مضخات لضخ المياه الباردة من الأعماق إلى المكثف.

وقد ذكرنا سابقا أن كفاءة الأنظمة العاملة على المصادر الحرارية في البحار والمحيطات تكون منخفضة جدا ولا تتعدى 3٪ والسبب في ذلك هو أن كفاءة أي من المكائن الحرارية محكومة بدرجات الحرارة العليا والدنيا التي تعمل بينهما، والكفاءة النظرية للماكينة الحرارية التي تعمل بين مصدرين حراريين على درجات مختلفة هي:

$$\frac{\text{درجة حرارة المصدر الحار} - \text{درجة حرارة المصدر البارد}}{\text{درجة حرارة المصدر الحار}}$$

وتقاس درجات الحرارة في هذه الحالة بالدرجات المطلقة، وفي نظام درجات الحرارة المئوية تعادل درجة الصفر المئوي 273 درجة حرارة مطلقة، وعلى ذلك فإذا افترضنا أن محطة تعمل على الدورة المفتوحة في بحر

درجة حرارة مياه السطح فيه 27 درجة مئوية وأنها تتحول في المبخر إلى مزيج من الماء والبخار على درجة حرارة 23 مئوية (يبرد الماء في المبخر لأن حرارة التبخير تأتي من المياه ذاتها لا من مصدر خارجي) وان بخار الماء بعد مروره في التوربين يتكثف في المكثف ويتحول إلى ماء على درجة حرارة 12 مئوية فان الكفاءة النظرية لهذا النظام في هذه الحالة تساوي:

$$\frac{(23+273) - (12+273)}{(23+273)}$$

الكفاءة =11/296

= 7 ,3٪

ولا تختلف الكفاءة في أنظمة الدورات المقفلة عنها في الدورات المفتوحة إذ أنها أيضا منخفضة جدا، فالغاز الذي يتبخر في المبخر تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة مياه السطح بسبب أن مياه السطح هي المصدر الحراري الذي يزود الغاز بمتطلباته من الحرارة، ولذلك وحتى يستمر سريان الحرارة من مياه السطح إلى الغاز في المبخر فلابد من وجود فارق حراري بسيط، فلو كانت درجة حرارة مياه السطح 27 درجة مئوية ودرجة حرارة مياه الأعماق 8 درجات مئوية، فإننا نتوقع مثلا أن تكون درجة حرارة الغاز في المبخر 23 درجة مئوية وفي المكثف 12 درجة مئوية وفي هذه الحالة تكون كفاءة المحطة 7 ,3٪ أيضا، أي مساوية لكفاءة المحطة العاملة على الدورة المفتوحة.

ولا يمكن بالطبع الحصول على الكفاءة القصوى أو النظرية في أي نظام إذ توجد هناك بعض الخسائر الناتجة عن استعمال المضخات لضخ المياه أو الغاز والتي تقلل في هذه الحالة من كفاءة المحطات، وبشكل عام فان الكفاءة العملية لأي نظام يعمل على فروق درجات حرارة مياه البحار والمحيطات تكون في حدود 2 - 3٪.

والآن لننظر ببعض التفصيل إلى الأنظمة العاملة على كل من الدورات المفتوحة والمقفلة.

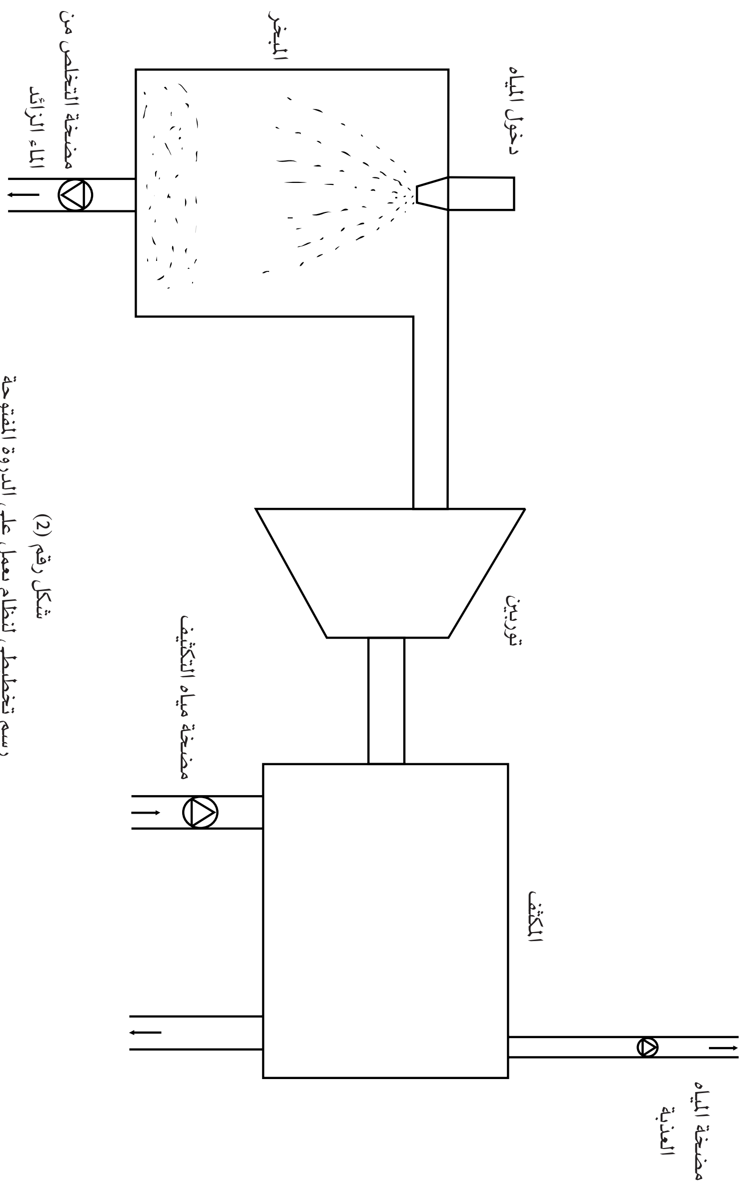
1 - الدورات المفتوحة:

تقوم فكرة الدورة المفتوحة على إنتاج بخار ماء تحت ضغوط منخفضة،

فالمعلوم أن درجة غليان الماء تنخفض مع انخفاض الضغط الواقع على الماء، إن درجة غليان الماء تحت الضغط الجوي هي 212 درجة فهرنهايت (100 درجة مئوية) و يساوي الضغط الجوي 14,7 رطلا على البوصة المربعة، أما إذا انخفض الضغط الواقع على الماء الى 0,5 رطل على البوصة المربعة فان درجة غليان الماء تنخفض الى 80 درجة فهرنهايت (26,7 درجة مئوية)، وتستفيد أنظمة الدورات المفتوحة من هذه الفكرة إذ يتم إدخال المياه من البحر إلى المبخر الذي يكون الضغط بداخله منخفضا وحال دخول الماء إلى المبخر يأخذ الماء بالغليان بسبب انخفاض الضغط ويستمر الماء بالتبخر حتى يصل البخار إلى حالة التشبع وإذا لم يتم التخلص من هذا البخار فلن يحدث أي تبخير أكثر من ذلك، ولذا وحتى يستمر التبخير فلابد من التخلص من البخار بشكل مستمر، ويتم هذا إما بإرسال البخار إلى أحد التوربينات لإدارتها وتشغيلها أو قد يؤخذ مباشرة إلى المكثف حيث يتكثف و يتحول إلى ماء نقي. وإذا استعمل البخار في إدارة أحد التوربينات فانه يفقد جزءا من طاقته لكنه يبقى في الحالة البخارية ولابد من تكثيفه أيضا،ويوضح رقم (2) مخططا هيكليا للدورة المفتوحة.

من الجانب الآخر هناك حقيقة أنه حين ينخفض الضغط على أي غاز فانه يتمدد و يزداد حجمه، لذلك فان حجم الباوند الواحد من الماء (454 غم) على درجة حرارة 80 فهرنهايت يساوي 0,016 قدم مكعب، لكن حجم بخار الماء على ذات درجة الحرارة وعلى ضغط 0,5 رطل على البوصة المربعة يساوي 633 قدما مكعبا. أن هذا يعني أن على التوربين أن يتعامل مع أحجام كبيرة جدا من بخار الماء، و يتطلب هذا الأمر أن يكون حجم التوربين كبيرا جدا، وربما كان هذا الجانب هو الجانب السلبي الوحيد ذا الأهمية في أنظمة الدورة المفتوحة. لم يمكن اللجوء إلى استعمال مجموعة توربينات ذات أحجام معتدلة بدل استعمال توربين واحد يكون حجمه ضخما، وحيث إن بخار الماء المستعمل يكون على ضغوط منخفضة فان هذا يسمح بصناعة التوربينات من المواد الخفيفة القادرة على العمل في ظل الضغوط المنخفضة، وهذا يؤدي إلى تقليل كلفة الإنتاج.

إن نظام الدورات المفتوحة يسمح بإنتاج المياه النقية من خلال تكثيف البخار في المكثف. ولا يتوفر مثل هذا الأمر في الدورات المغلقة التي



شكل رقم (2)
رسم تخطيطي لنظام يعمل على الدورة المفتوحة

تستعمل الغازات العضوية. والواقع أن العالم يواجه نقصا في مصادر المياه الصالحة للاستعمال بسبب الزيادة في السكان والتوسع في الصناعة والزراعة. و يستهلك العالم بالتأكيد كميات كبيرة من مصادر الطاقة الحالية لتحلية مياه البحر وإنتاج المياه العذبة. ولذلك فان أنظمة الدورات المفتوحة ملائمة لتلك المناطق، الواقعة على البحار والمحيطات العميقة والتي تعاني من نقص في مصادر المياه العذبة.

2- الدورات المقفلة:

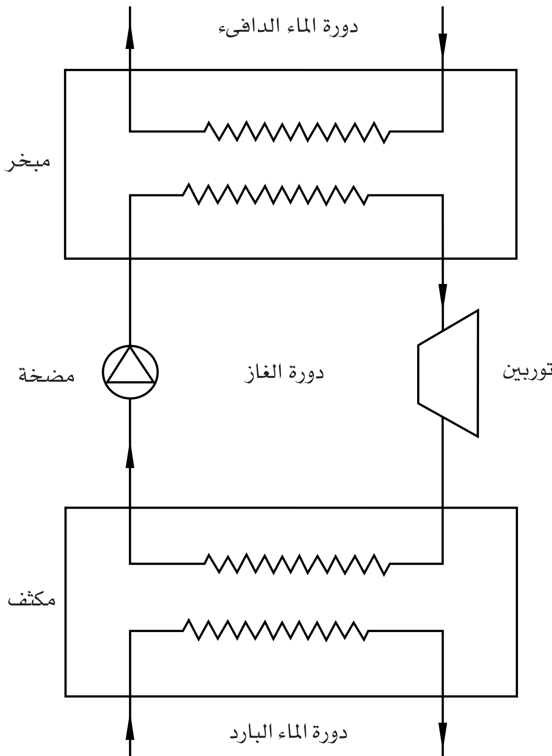
تسمى هذه الدورات بالمقفلة لأن الغاز المستعمل فيها يمر في المبخر فالتوربين فالمكثف ومرة أخرى إلى المبخر وهكذا، وهذا يعني أن الغاز يمر خلال مجموعة من المراحل وتتغير خصائصه من سائل إلى بخار إلى سائل مرة أخرى وهكذا دواليك، ويختلف هذا عن الدورات المفتوحة حيث إن الماء المتبخر لا يعاد استعماله مرة أخرى بل هناك جريان مستمر للمياه من البحر إلى المبخر.

وتعتمد فكرة الدورات المقفلة على استعمال الغازات التي تتبخر ويرتفع ضغطها على درجات الحرارة المنخفضة، فلو أخذنا الأمونيا مثلا نجد أن ضغطها على70 درجة فهرنهايت يساوي 8 ,128 رطل على البوصة المربعة، و يكون حجم الباوند الواحد من الأمونيا في هذه الحالة 3 ,2 قدم مكعب، بالمقارنة فان حجم الباوند الواحد من بخار الماء على 70 درجة فهرنهايت ولكن على ضغط 36 ,0 رطل على البوصة المربعة (درجة غليان الماء على هذا الضغط) يساوي 868 قدما مكعبا. من الواضح أن حجم التوربين المطلوب في حالة الأمونيا سيكون أصغر بكثير منه في حالة بخار الماء بسبب الفارق في الأحجام.

ويستعمل الغاز المتبخر على هذا الضغط العالي في تشغيل التوربين، وعند خروجه من التوربين يكون قد فقد جزءا من طاقته وينخفض ضغطه ودرجة حرارته، بعد ذلك يرسل الغاز إلى المكثف ومن ثم إلى المبخر مرة أخرى وهكذا. وفي الشكل(3) رسم تخطيطي لنظام يعمل على الدورة المقفلة.

إن إحدى المشكلات الرئيسية في أنظمة الدورات المقفلة تكمن في المبادلات الحرارية (المبخر والمكثف) وذلك لأن أحجامها المطلوبة كبيرة

جدا، ولو قمنا بعملية حسابية لحجم واحد من المبادلات الحرارية لمحطة قوتها 25ميغاواط وتعمل على كفاءة مقدارها5 , 2٪، ولو فرضنا بعض القيم العملية للفروق في درجات الحرارة بين الماء والغاز في المبادل الحراري وكذلك لمعامل انتقال الحرارة لوجدنا أن مساحة السطح المطلوب حوالي مائة ألف متر مربع، إن هذه المساحة اكبر من مساحة أي مبادل حراري تمت صناعته إلى الآن[8].



شكل رقم (3)
رسم تخطيطي لنظام يعمل على الدورة المغلقة

(8) Denton, J.C. and Afgan, N., Future Energy Production Systems vol.11,Academie Press, London, England, 1976, P.702.

المشكلة الأخرى هنا هي تلك الناتجة عن وجود هذه المبادلات في البحر، إذ بالإضافة إلى تأثير أملاح البحر على المعادن المصنوعة منها هذه المبادلات فان هناك أيضا تأثير الكائنات البحرية التي تنمو على أي سطح موجود في مياه البحر، إذ من المتوقع أن تنمو الكثير من الكائنات البحرية على سطح المبادلات الحرارية وتكوّن طبقات تعزل سطح المبادل عن مياه البحر، ولا يعرف إلى الآن مدى تأثير وجود هذه الكائنات على سطح المبادلات الحرارية على معدلات انتقال الحرارة بين المبادلات الحرارية والماء، فإذا نتج مثلا تقليل معدلات انتقال الحرارة فان هذا سيؤثر بدوره على كفاءة المحطة ويؤدي إلى تقليل كمية الطاقة المنتجة، وعليه فمازال مطلوبا الحصول على معلومات اكثر عن تأثير نمو هذه الكائنات البحرية على سطوح المبادلات الحرارية من أجل العمل على تلافي آثارها السلبية المحتملة[9] إن أحد الحلول المطروحة هو أن تتحرك المنصة في عرض البحر لتقليل إمكانية نمو الكائنات البحرية وتراكمها على المبادلات الحرارية ولمنع ارتفاع درجة حرارة المياه المحيطة بالمبادلات وهو أمر يؤدي إلى انخفاض كفاءة عمل المحطة.

الطاقة الحرارية في الخليج العربي:

تبلغ مساحة الخليج حوالي 240 ألف كيلومتر مربع، ويبلغ طوله حوالي ألف كيلومتر أما عرضه فيتغير من 56-340 كيلومتر، في هذه المساحة الواسعة لا يوجد اكثر من 6 آلاف كيلومتر مكعب من المياه، وبعملية حسابية بسيطة نكتشف أن معدل عمق الخليج حوالي 25 مترا فقط، لكن في بعض المناطق خاصة في وسط الخليج وجنوبه يصل العمق إلى حوالي 50 مترا أو اكثر، وتدخل الخليج كميات من المياه العذبة من شط العرب ونهر قارون ويتصل في جزئه الجنوبي مع المحيط الهندي.

يقع الخليج ما بين خطي عرض 24 و30 شمالا وهذا يعني أن كميات الإشعاع الشمسي الساقطة على الخليج كبيرة، غير أن ضحالة مياه الخليج النسبية لا تسمح بوجود فوارق حرارية كبيرة بين مياه السطح ومياه الأعماق.

وقد جرت عدة بحوث على مياه الخليج لدراسة الجوانب المختلفة من

(9) Denton, J.C.& Afgan, N.op, cit, 702.

درجات الحرارة والملوحة والتركيب الجيولوجي والكائنات البحرية الموجودة في الخليج، ففي دراسة «ايمرى» ورد أن أعلى درجة حرارة لمياه الخليج سجلها كانت في شهر آب عام 1948 حيث بلغت 2 , 32 درجة مئوية قريبا من شواطئ الكويت، و 4 , 33 درجة مئوية في خليج البحرين، و3 , 32 درجة مئوية عند مضيق هرمز، أما بالنسبة للتوزيع العمودي لدرجات الحرارة فقد كان الفارق بين درجة حرارة مياه السطح والمياه على عمق، 50 مترا عند مضيق هرمز 10 درجات مئوية وهو من أعلى الفروق الممكنة في الخليج، أما في المناطق الأخرى فقد كانت أقل من ذلك [10].

إن هذا التوزيع الحراري في مياه الخليج يجعل من الصعب إمكان استغلال مياه الخليج لتوليد الطاقة إذ أن أفضل الأماكن في الخليج لا يتوفر فيها فارق في درجات الحرارة اكثر من 10 درجات مئوية.

في عام 1971 نشر الياباني اينوموتو[11] نتائج قياسات درجات الحرارة في الخليج عند شواطئ الكويت وغطت هذه النتائج قياسات درجات الحرارة لمدة سنة تقريبا من كانون أول 1969 إلى تشرين أول 1970، وقد أخذت القياسات على السطح وعلى عمق يتراوح من 10-20 متراً. وفي الجدول نقدم النتائج التي حصل عليها اينوموتو. و يرجع السبب في الفروقات البسيطة في درجات الحرارة إلى أن القياسات أخذت من اكثر من محطة وفي اكثر من موقع، لكن مع ذلك فإننا نخرج بصورة عامة من هذه المعلومات وهي أن أعلى درجة حرارة لمياه الخليج قرب شواطئ الكويت تتوفر في شهري تموز وآب (يوليو وأغسطس) حيث تصل إلى 30-31 درجة مئوية، بينما تنخفض في شهري كانون الثاني وشباط (يناير وفبراير) الى 5 , 15-18 , 8 درجة مئوية، أما الفارق بين درجة حرارة مياه السطح والمياه على عمق 10-20 مترا فهي لا تزيد عن 3 درجات مئوية كما يبدو من المعلومات السابقة .وفي عام 1974 نشرت نتائج الدراسة التي قام بها فريق من الباحثين اليابانيين من جامعة طوكيو، على ظهر السفينة اوميتاكا-مارو، بالتعاون مع معهد الكويت للأبحاث العلمية في شهر ديسمبر[12]، وقد دلت نتائج هذه

(10) Energy, E.O., Bulletin of American Association of Petro, Geol, 1956.

(11) Enomoto, Y., Bulletin Tokai Regional Fish Res. Lab., TOKYO, Japan,1971.

(12) Transactions of the Tokyo Society of Fisheries, NO. 1, TOKYO JAPAN, 1974.

الدراسة على أن درجة حرارة مياه الخليج تصل إلى حوالي 27 درجة مئوية بالقرب من مضيق، هرمز والى حوالي 20 درجة مئوية بالقرب من شواطئ الكويت، ولم تشر نتائج الدراسة المذكورة إلى وجود فوارق تذكر في درجات الحرارة في هذا الشهر بين السطح والأعماق وإذا أخذنا نتائج ايمرى بعين الاعتبار والتي تقول بوجود فوارق تصل إلى حوالي 10 درجات بين مياه السطح والمياه على عمق، 50 مترا في شهر آب لوصلنا إلى النتيجة التالية وهي: إن هذا الفارق قد لا يوجد إلا في فصل الصيف فقط.

جدول رقم (1)

الشهر	درجات الحرارة على السطح درجات مئوية	درجة الحراة على بعد 10-20 متراً درجات مئوية
كانون أول 1969	20.5 - 18.0	-
مانون ثاني 1970	16.5 - 15.5	-
شباط	18.8 - 16.0	18.5 - 17.0
آذار	21.3 - 20.5	18.7 - 18.5
نيسان	25.2 - 22.8	22.0 - 21.5
آيار	27.5 - 26.5	25.2 - 23.5
حزيران	26.7 - 25.8	26.3- 24.5
تموز	31.0 - 28.5	30.0 - 28.0
آب	30.8 - 30.3	30.0 - 28.9
أيلول	-	-
تشرين أول	27.2 - 26.5	26.6 - 26.5

4 طاقة المد والجزر

المد والجزر ظاهرة يومية تحمل في بحار العالم ومحيطاته، ونحن كأفراد نتأثر بحركة المد والجزر في البحار على مستوى تصرفاتنا الشخصية مثل قضاء بعض الوقت على شاطئ البحر، لكن الأمر لا يتوقف عند هذا الحد أبدا إذ أن المد والجزر يلعبان دورا في تقرير طابع حياة البشر وكسبهم لعيشهم اليومي بل ويفرض على بعضهم ضرورة تكييف أوقات عمله مع دورة المد والجزر اليومية، فالذين اعتادوا السفر في الماضي بين المدن الواقعة على البحر يعرفون تماما كيف أن حركتهم من الموانئ واليها كانت محكومة بأوقات المد والجزر.

لقد تغيرت الصورة حاليا بالنسبة للمسافرين الذين يستعملون الموانئ ذات الأرصفة الحديثة حيث تتوفر السفن بشكل دوري طوال الوقت، لكن أولئك الذين اعتادوا السفر قبل إنشاء أرصفة رسو السفن الحديثة يدركون تماما كيف أنه كان عليهم الانتظار ساعات طويلة حتى يرتفع منسوب المياه إلى حد يسمح بالملاحة البحرية.

كذلك لم يكن بإمكان سفن الصيد أن تبحر في أوقات الجزر لأن انحسار المياه كان يعني أن تقف هذه السفن على اليابسة بدل أن تطفو على سطح

الماء، وكان لابد للصيادين من انتظار حركة المد ليرتفع منسوب المياه وتطفو سفنهم ليستطيعوا الإبحار بعد ذلك. ونشك في أنه كان باستطاعة الصيادين أن يعودوا إلى اليابسة أثناء الجزر لأن هذا كان يتطلب منهم ترك سفنهم في عرض البحر والسير مسافة طويلة حاملين صيدهم.

من هنا نرى أن حركة المد والجزر أثرت ومازالت تؤثر في حياتنا كأفراد وان هناك احتمالا بأن تؤثر في حياتنا بشكل اكبر في المستقبل خاصة إذا تطورت الأبحاث الحالية في مجال استخدام حركة المد والجزر هذه في إنتاج الطاقة الكهربائية، وقد استطاع الإنسان أن يقلل من الآثار السلبية لحركة المد والجزر هذه من خلال بناء الموانئ العميقة التي تسمح بحركة الملاحة طول الوقت دون اعتبار للمد والجزر وتسمح لأساطيل صيد السمك بالمغادرة والعودة متى أرادت ضمن المعطيات المناخية الملائمة طبعا-، لكن طموح الإنسان لم يتوقف يوما بل إنه يزداد ويحاول الاستفادة من كل المعطيات الطبيعية بما فيها حركة المد والجزر.

وتتركز الجهود الحالية في مجال استغلال حركة المد والجزر على استغلال هذه الحركة لإنتاج الكهرباء، وتقوم الفكرة على أن منسوب المياه يرتفع وقت المد وينخفض وقت الجزر. وعلى ذلك فهناك فارق في ارتفاع منسوب المياه. وهذا الفارق يشكل مصدرا كبيرا للطاقة خاصة إذا أخذنا بعين الاعتبار ملايين الأمتار المكعبة من الماء التي تتعرض لهذه الحركة، ولو نظرنا إلى مصادر الطاقة الكهرومائية الناتجة عن سقوط مياه الأنهار في الشلالات التي تستخدم في اكثر من بلد في العالم لوجدنا أن هناك تشابها بين هذا المصدر وبين حركة المد والجزر. فلو تم حجز المياه أثناء حالة المد ومنعت من الانحسار عن الشواطئ فستكتشف أنها ستبقى على مستوى أعلى من مياه البحر الأخرى في حالة الجزر. وهذا الفارق في الارتفاع هو الذي يمكن الاستفادة منه في تشغيل التوربينات لإنتاج الطاقة الكهربائية.

وقد استخدم الإنسان مصدر الطاقة هذا قبل مئات السنين وقبل بدء عصر الكهرباء فقد اعتاد سكان المناطق الساحلية في أوروبا-وبخاصة تلك التي يتوفر فيها منسوب عال للمياه أثناء حركة المد-من استعمال طاقة المد في تشغيل طواحين القمح لإنتاج الدقيق، وكانت فكرة الأوروبيين في العصور الوسطى تقوم على حجز المياه حين ارتفاعها في أحواض طبيعية تشبه

البرك الكبيرة،وكانوا يقومون بإنشاء بوابات على العنق، الواصل بين البحر ومثل هذه البرك، وحين يرتفع منسوب المياه وقت المد كانوا يقومون بإغلاق هذه البوابات وحجز المياه في البرك، بعد ذلك تفتح بوابات موجودة على قنوات تصل ما بين هذه البرك والطواحين، وبهذا فقد كان في استطاعتهم تشغيل مطاحن القمح بواسطة حركة المد[1].

وفي الواقع لا تختلف الفكرة الحالية كثيرا عن فكرة الأوروبيين في العصور الوسطى إذ أنها أيضا تعمل على الاستفادة من الفارق بين منسوبي المياه في حالتي المد والجزر. وقد أدخلت تحسينات كثيرة على الفكرة الماضية ووضعت عدة مقترحات لزيادة كفاءة استخراج الطاقة، إضافة إلى العمل على الاستفادة من حركة المياه أثناء المد والجزر في ذات الوقت، وسنتعرف في الصفحات اللاحقة على مجموعة من الآراء والأفكار المطروحة للاستفادة من حركتي المد والجزر لإنتاج الطاقة.

وبعد دخول الإنسان عصر الكهرباء أخذ المهندسون يفكرون في الاستفادة من المد والجزر لإنتاج الطاقة الكهربائية، وتعود معظم هذه الأفكار إلى بداية القرن الحالي، ففي عام 1919 اقترح المهندس الأمريكي ديكستركوبر بناء محطة كبيرة تعمل على حركة المياه أثناء المد والجزر في خليج باساما كودي في أمريكا، ففي هذه المنطقة توجد عدة جزر على باب الخليج يعمل وجودها على أن تتحرك المياه بقوة كبيرة أثناء المد، وكانت فكرة المهندس الأمريكي كوبر هي بناء سد ضخم لحجز المياه في الخليج، وحيث تتوفر مجموعة الجزر فان المطلوب في هذه الحالة هو تكملة هذا السد الطبيعي وذلك بتوصيل هذه الجزر ببعضها، كان كوبر على علم بأن إنشاء السد والمحطة سيكلف أموالا طائلة لكنه كان على ثقة من أن الطاقة الناتجة ستغطي تكاليف الإنشاء في الفترة اللاحقة، واستطاع كوبر أن يقنع الرئيس الأمريكي فرانكلين روزفلت بدفع الكونغرس الأمريكي إلى تخصيص الاعتمادات اللازمة لهذا المشروع برغم السخرية التي أبدتها بعض الأوساط آنذاك، وبالفعل فقد استطاع الرئيس روزفلت دفع الكونغرس إلى تخصيص اعتمادات لهذا المشروع، وبدأ العمل فعلا في عام 1935 لإنشاء السد المقترح، إلا أن الكونغرس عاد في فترة لاحقة ورفض تخصيص المزيد من الاعتمادات

(1) Carr, D.E. Energy and the Earth Machine, W.W. Nortan and company. N.Y., U.S.A, 1976.

المطلوبة لإكمال المشروع فكان أن توقف المشروع قبل الاكتمال، ومازال السد قائما إلى يومنا هذا دليلا على حلم علمي لم يتحقق[2].

كما فكر الفرنسيون أيضا في العمل على الاستفادة من طاقة المد والجزر، ففي عشرينات هذا القرن قامت الحكومة الفرنسية بتركيب محطة صغيرة في مضيق نهر ديورس لإنتاج الكهرباء لبعض منشآت الحكومة الفرنسية، وقد كانت هذه المحطة من النوع الصغير الذي لا يتلاءم وطموح المهندسين والعلماء الذين حلموا بإنشاء محطات تنتج ملايين الكيلوات من الطاقة الكهربائية.

وفي عام 1940 دخل المهندس الفرنسي روبرت جبرات حقل توليد الطاقة من المد والجزر، وبعد دراسة مكثفة للمعلومات المتوفرة آنذاك اقترح الاستفادة من حركة المد والجزر في نهر الران وبرغم أن جبرات وجد أن منسوب المد في بعض المناطق أعلى منه في مصب نهر الران إلا أنه وجد أن كل ما يتطلبه الأمر في هذا الموقع هو إنشاء سد طوله نصف ميل لحجز المياه ومن ثم استغلالها في إدارة وتشغيل التوربينات، غير أن زملاء جبرات من المهندسين والعلماء قاموا بحساب تكلفة المشروع وكمية الطاقة الناتجة ووصلوا إلى نتيجة تقول بأن هذا المشروع سيكلف كثيرا دون أن يعطي كمية من الطاقة تبرر هذه المصاريف العالية، وقد يكون كوبر قد واجه نفس المشكلة الأمر الذي اضطر الكونغرس إلى وقف المزيد من الاعتمادات.

على كل لم تحبط هذه الحسابات آمال جبرات فقد كان عليه أن يواجه بعض المشكلات الفنية الأخرى المتعلقة بحركة المياه وأوقاتها ومنسوبها، أخذ جبرات يتعاون مع المهندس الفرنسي جاك دوبور وفريق من المهندسين الفرنسيين المختصين، و بعد دراستهم للمشروع قرر المهندسون أن استغلال مصدر الطاقة هذا يحتاج إلى نوع جديد من التوربينات يختلف عن ذلك المستعمل في إنتاج الطاقة من الأنهار والشلالات، كانت فكرة المهندسين الفرنسيين تقوم على أنه إذا أريد الاستفادة من طاقة المد والجزر فلابد من تصميم توربين يعمل أثناء حركة المياه مدا وجزرا، أي الاستفادة من حركة المياه في كلا الاتجاهين، ولم يكن مثل هذا التوربين متوفرا في ذلك الوقت ولذا كان لابد من العمل على تصميمه.

(2) Michelsohn, D.R. The Oceans in Tomorrow‘s World, Juliour Messner, N.Y. U.S.A, 1972.

وبدأ المهندسون الفرنسيون العمل على تصميم هذا التوربين الجديد منذ عام 1943، وبعد جهود كبيرة تمكنوا من إنتاجه وهو ما يعرف باسم توربين كابلان. كانت قوة التوربين الذي صنعه الفرنسيون 9 ميغاواط، وقد بدءوا بعد ذلك في إقامة السد المطلوب على نهر الران وقاموا بتركيب 24 توربينا في المحطة، في عام 1967 اكتمل إنشاء المشروع وبدأ إنتاج الطاقة الكهربائية[3].

أما المشروع الآخر الذي تم إنشاؤه و ينتج الطاقة الكهربائية أيضا فيقع في منطقة مرمنسك في كسلايا غوبا في الاتحاد السوفيتي[4]، وتبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا المشروع 2000 كيلو واط فقط وتم الانتهاء منه في عام 1969، ويعمل المشروع السوفيتي على فارق منسوب المياه بين المد والجزر مقداره 11 قدما بينما المشروع الفرنسي يعمل على فارق أكبر.

نظرية المد والجزر:

تتعرض الأرض إلى تأثيرات قوى الجاذبية من جانب الشمس والقمر، وحسب قوانين نيوتن في الجاذبية فان قوة الجذب بين جسمين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزي ثقلهما.

ونتيجة لاختلاف الخصائص الفيزياوية من حيث الحجم والوزن لكل من الأرض والشمس والقمر فان قيمة قوى الجاذبية بين الشمس والأرض تختلف عنها بين الأرض والقمر، لكننا حين نتطرق إلى مسألة المد والجزر فان الأمر الذي يهمنا هو الفارق بين قوى الجاذبية المؤثرة على نقطة في مركز الأرض وقوى الجاذبية المؤثرة على نقطة على سطح الأرض، وسبب اهتمامنا في هذا الفارق يعود إلى أنه يشكل العامل الأساسي في حركة المد والجزر.

إن قوة الجذب التي تؤثر بها الشمس على وحدة كتلة موجودة في مركز الأرض اكبر من القوة التي يؤثر بها القمر على ذات وحدة الكتلة. لكن لو نظرنا إلى المسافة بين كل من مركزي الشمس والقمر ومركز الأرض لظهر

---

(3) Thirring, H., Energy for Man, Indiana University Press, Bloomington, U.S.A, 1976, P.284.

(4) Carr, D.E., OP. cit,

جدول رقم (1)

بعض الخصائص الفيزياوية للشمس والقمر والأرض

الجسم	الوزن/غم	المسافة بين الجسم والأرض/سم
الشمس	$10^{33} \times 1.971$	$10^{11} \times 1.495$
القمر	$10^{25} \times 7.347$	$10^{8} \times 3.844$
الأرض	$10^{27} \times 5.983$	–

لنا أن بعد الشمس عن الأرض أكبر بكثير من بعد القمر عن الأرض. إن هذا يعني أن قوة الجذب التي تؤثر بها الشمس على وحدة كتلة على سطح الأرض لا تختلف كثيرا عن القوة التي تؤثر بها على وحدة الكتلة في مركز الأرض إذ يبلغ طول نصف قطر الأرض 371 , 6 * 10^{8}سم، وهذا الطول قليل جدا بالمقارنة بالمسافة بين مركزي الأرض والشمس كما يتضح من الجدول رقم(1)، وعليه فان الفارق في قوة جذب الشمس على وحدة الكتلة على سطح الأرض بالمقارنة بوحدة الكتلة في مركز الأرض صغير.

أما لو نظرنا إلى طول نصف قطر الأرض مقارنا بالمسافة بين مركز الأرض ومركز القمر لتبين لنا أن نصف قطر الأرض يشكل في هذه المسافة نسبة أعلى مما يشكل في المسافة بين مركز الشمس ومركز الأرض، على ذلك فان القيام بعملية حسابية لإيجاد الفرق بين قوى الجذب المؤثرة على وحدة الكتلة على سطح الأرض وفي مركز الأرض من جانب كل من الشمس والقمر تظهر أن الفارق في قوة جذب القمر اكبر من الفارق في قوة جذب الشمس، إننا نتكلم هنا عن الفارق بين قوتي جذب يحدثهما نفس الجسم على وحدتي كتلة موجودتين في نقطتين مختلفتين على الأرض، أن كون الفارق في قوى جذب الشمس اقل لا يتعارض مع حقيقة أن قوة جذب الشمس اكبر من قوة جذب القمر، إن ما يهمنا هو الفارق بين قوى الجذب وليس القيم المطلقة لهذه القوى، هذا الفارق في قوى الجذب هو ما يهمنا

إذ أنه السبب الرئيسي في حدوث حركتي المد والجزر في البحار والمحيطات.

وعلى ذلك فإن أي تغيير في هذا الفارق في قوى الجذب سيؤدي إلى حصول تغير في القوى المنتجة للمد وسيؤثر بالتالي على كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها، والأرض كما نعلم ليست كروية تماما، كما أن دورانها حول الشمس لا يتخذ شكلا دائريا تماما مما يعني أن المسافة بين الأرض والشمس من جانب والأرض والقمر من جانب آخر تتغير حسب أوقات السنة، وينتج عن هذا أن القوى المنتجة للمد تتغير، وتتغير تبعا لذلك ارتفاعات مستوى المد خلال العام، كذلك تختلف المسافة بين مركز القمر ونقطة على سطح الأرض المواجه للقمر عن المسافة بين مركز القمر ونقطة على الجانب الآخر للأرض الذي لا يواجه القمر، وتتأثر هذه المسافة أيضا حسب موقع النقطة موضع الاهتمام على خطوط العرض على سطح الأرض، كل هذه العوامل تلعب دورها في التحكم بحركة المد.

ومن أجل الوصول إلى تصور علمي رياضي عن حركة المد فأنه يتم اللجوء إلى اعتبار أن الأرض كرة صلبة يغطي سطحها طبقة من الماء، وأن طبقة الماء هذه تتعرض إلى قوى الجذب من جانب الشمس والقمر[5]، ان هذا الافتراض ليس صحيحا تماما إذ أن سطح الأرض ليس مغطى بطبقة مائية رغم أن المياه تغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض، لكن هذا الافتراض ضروري من أجل التوصل إلى تصور علمي لهذه المسألة، والواقع أن القياسات التي تجري على ظاهرة حركة المد في المحيطات تدل على أن هذا الافتراض مقبول وعلمي بالنسبة لتلك المناطق، أما في المناطق، القريبة من السواحل والخلجان فان حركة المد لا تتوافق مع هذا الافتراض بسبب عوامل احتكاك المياه المتحركة على الشواطئ بالأرض، وبسبب الخصائص الفيزيائية لبعض الخلجان التي تؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه إلى أمتار عديدة.

ترتكز النظرية القائمة على افتراض وجود طبقة مائية تغطي سطح الأرض باسم المد التوازني Equilibrium Tide، وتبين هذه النظرية أن النقطتين الواقعتين على الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر مثلا على طرفي

(5) Duxbury, A.C. The Earth and its Oceans Addison-Wesley Publishing Company, London, U.K., 1977, P,316.

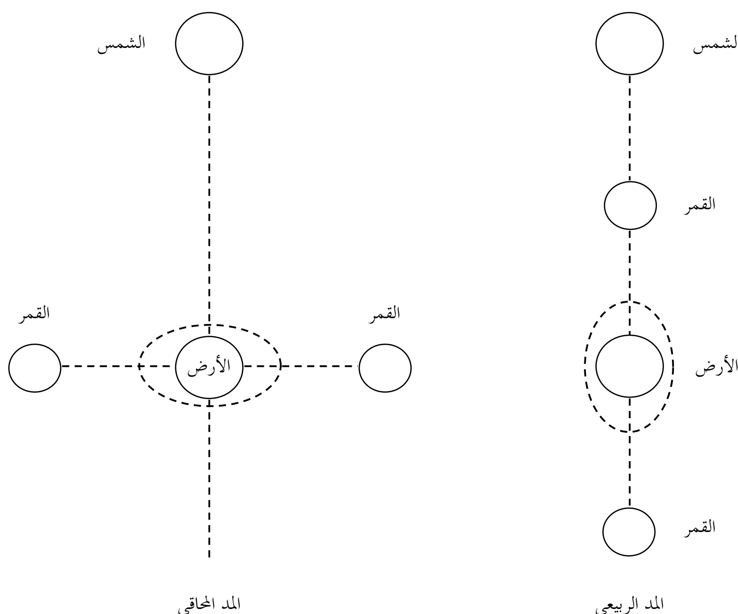
قطر الأرض (نقطة مواجهة للقمر وأخرى في الجانب الآخر) تتعرضان إلى قوى متساوية لكنها مختلفة الاتجاه. وعليه فإن منسوب المياه يرتفع في كلا النقطتين في ذات الوقت، إن ارتفاع منسوب المياه هذا لابد وأن يقابله انخفاض في المنسوب في نقاط أخرى، ولذا فان حركة المد في نقطة ما على سطح الأرض يقابلها جزر في نقطة أخرى.

وحسب الحسابات الرياضية لهذه النظرية فان قوى جذب القمر تؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه بمقدار 4, 35 سم في النقطتين الواقعتين على طرفي قطر الأرض الذي يشكل جزءا وامتدادا للخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر، أما الشمس فإنها تؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه بمقدار 2ر16 سم، وهذا يعني أن الشمس أقل تأثيرا من القمر في إحداث حركة المد على سطح الأرض. أما أقصى انخفاض لسطح الطبقة المائية المفترضة فهو 7, 17 سم بالنسبة للقمر و 2, 8 سم بالنسبة للشمس. إن تأثير الشمس في كلتا الحالتين أقل من تأثير القمر و يساوي حوالي 46٪ من تأثير القمر.

إذا حدث أن وقعت مراكز الأرض والقمر والشمس على خط مستقيم واحد فان منسوب المياه يرتفع إلى أعلى مستوى، وحسب حسابات النظرية فان أقصى ارتفاع للماء وقت المد يساوي 6, 51 سم، وسواء كان القمر والشمس على جانب واحد بالنسبة للأرض أو كانا على جانبين مختلفين فان ارتفاع الماء يصل إلى أعلى منسوب، والسبب في ذلك هو ما ذكرناه سابقا من أن النقاط المتقابلة على سطح الأرض والواقعة على الخط الواصل بين المركزين تتعرضان إلى قوتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في الاتجاه، ويعرف المد في هذه الحالة باسم المد الربيعي و يصل منسوب المياه إلى أعلى ارتفاعاته، وحيث يدور القمر حول الأرض مرة في كل شهر قمري فان مراكز الأجسام الثلاثة (الأرض والشمس والقمر) تقع على خط مستقيم مرتين في كل شهر، وتبعا لذلك يصل منسوب المياه إلى أعلى ارتفاعاته مرتين في كل شهر قمري، أما حين لا تقع مراكز الأجسام الثلاثة على خط مستقيم فان ارتفاع منسوب المياه يقل عن مستوى منسوب المد الربيعي، وأقل منسوب ترتفع إليه المياه يحصل حين يكون الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر متعامدا مع الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس، ويكون ارتفاع منسوب المياه حسب نظرية المد التوازني 9, 25 سم، ويعرف

المد في هذه الحالة باسم المد المحاقي ويكون في العادة في نهاية الأسبوعين الأول والثالث من الشهر القمري بعكس المد الربيعي الذي يحصل في بداية الشهر ومنتصفه.

إذا فبالإضافة إلى تغير منسوب المياه يوميا بفعل حركتي المد والجزر هناك تغير في مستوى منسوب المد والجزر من يوم إلى آخر بفعل تغير مواقع الأجسام الثلاثة بالنسبة إلى بعضها مع بعض، في الشكل رقم(1) نقدم رسما توضيحيا لهذه الظاهرة.



شكل 1 – المد الربيعي والمد المحاقي

لنأخذ نقطة على سطح الأرض وننظر كيف تتغير حركة المد والجزر في تلك النقطة اعتمادا على نظرية المد التوازني، من المعلوم أن الأرض تدور حول نفسها وحول الشمس في ذات الوقت، أما القمر فانه يدور حول الأرض، وتأخذ الأرض يوما كاملا لتدور حول نفسها و365, 25 يوما لتدور حول الشمس. ولذا فمن أجل أن يكتمل اليوم الشمسي فلابد للأرض أن

تدور 360 + 25 ,360/365 درجة، إن معدل الوقت الذي تستغرقه الأرض لدوران هذه الزاوية هو 24 ساعة وهو طوال اليوم المتعارف عليه، أما بالنسبة للقمر فالوضع مختلف إذ أن القمر يأخذ 3 ,27 يوما ليدور حول الأرض. وهذا يعني أن القمر يدور حول الأرض بزاوية مقدارها 3 ,360/27 درجة كل يوم، فإذا نظرنا إلى نقطة تقع على سطح الأرض وعلى الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر فنجد أنها بحاجة أن تدور 360 + 3 ,360/27 درجة حتى تقع مرة أخرى على الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر، وحيث إن الأرض تدور 360 درجة كل 24 ساعة فان هذا يعني أن نقطة واقعة على سطح الأرض وعلى الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر تحتاج في الواقع إلى 24 ساعة و50 دقيقة حتى تعود مرة أخرى وتقع على الخط الواصل بين مركزي الأرض والقمر.

يتبين لنا مما سبق أن القوى المؤثرة على حركة المياه تختلف في طبيعة تغيرها فتأثير قوة الشمس على المياه يكمل دورة واحدة كل 24 ساعة في المعدل بينما تأثير قوة القمر تحتاج إلى 24 ساعة و50 دقيقة، وكما بينا سابقا فان تأثير القمر على المياه اكبر من تأثير الشمس، ولذا نرى أن حركة المد والجزر ليست حركة دورية منتظمة بمعنى أنها لا تحدث في ذات الوقت من كل يوم، وإذا أخذنا بالمعطيات النظرية فقط فان وقت أعلى منسوب للمياه يتقدم حوالي 50 دقيقة للأسباب التي ذكرناها.

إن نظرية المد التوازني إذن تعطينا صورة عامة عن طبيعة حركة المياه على سطح الأرض في ظل تأثيرات قوى جذب الشمس والقمر، وتمكننا هذه النظرية من فهم الخصائص العامة لهذه الحركة، لكن وكما هو واقع الحال في المجالات التطبيقية فان الأمور لا تسير بكل التفاصيل حسب ما تفترضه النظرية وتتوقعه، ولكن الفروق بين الواقع والنظرية في المجالات التطبيقية أمر شائع. فلو كان للنظرية أن تأخذ كل المتغيرات والمؤثرات، كبيرها وصغيرها، بعين الاعتبار لأصبح من الصعب الوصول إلى بناء تصور عام وتحديد الخطوط المهمة في أي مجال وهو ما تهدف إليه النظرية أصلا. فالمياه لا تغطي كل سطح الأرض بل حوالي ثلثيه، كذلك فان عمق المياه في البحار والمحيطات والخلجان يتغير من منطقة إلى أخرى، وهذا يؤثر بدوره على حركة المياه، ثم هناك العوامل الطبوغرافية التي قد تشكل

عوائق في وجه ارتفاع منسوب المياه وتجبرها على الارتداد إلى البحر، كذلك فان الخصائص الفيزيائية للمناطق البحرية كالطول والعرض والعمق تلعب دورا مهما في تحديد خاصية ما يسمى بالاهتزاز الطبيعي التي تؤثر بدورها على المنسوب الذي تصل إليه مياه المد، فحين تهتز منطقة بحرية بذبذبة تساوي ذبذبة اهتزازها الطبيعي فان ارتفاع منسوب المياه يصل إلى ارتفاعات عالية، ويظهر تأثير هذه الخاصية في الخلجان التي تكون خصائصها الفيزيائية متلائمة مع الاهتزاز الطبيعي، وفي هذه الحالة لا يتأثر سطح المياه عند الخطة الواصلة بين الخليج والبحر كثيرا بينما يحصل التأثير الكثير في أعلى الخليج عند اليابسة، وتكون هذه المواقع في العادة من المواقع المؤهلة للقيام بمشاريع توليد الطاقة من حركة المد والجزر وتلعب الخصائص الفيزياوية دورا آخر في ارتفاع منسوب المياه حيث إن المداخل الضيقة لبعض الخلجان تساعد على اندفاع المياه بقوة اكبر مما يؤدي إلى حصول منسوب أعلى للمد.

إن ما تقدم يعني أن حركة المد محكومة بمجموعة من العوامل التي تحدد في النهاية ارتفاع منسوب المياه وأوقات حصول المد، وما إذا كان يحصل مد واحد في اليوم أو اكثر وتبعا لذلك نشاهد أن ارتفاع المد يختلف من منطقة إلى أخرى، فالبحر الأبيض المتوسط مثلا من المناطق التي لا يرتفع فيها المد إلى ارتفاعات ذات أهمية، ولكن من جانب آخر هناك بعض الخلجان التي يصل فيها ارتفاع المد إلى 17 مترا مما يجعلها منطقة ملائمة لمشاريع الطاقة، أما في الخليج العربي فان ارتفاع المد يختلف من منطقة إلى أخرى فهو، يصل إلى حوالي 4 أقدام عند قطر ويرتفع إلى حوالي 11 قدما عند الكويت، وقد استطاع العلماء السوفييت إنشاء محطة تعمل على ارتفاع للمد يتراوح بين 5-13 قدما مما يدل على أن هناك إمكانا لاستغلال هذا المصدر في بعض مناطق الخليج العربي، وفي الصفحات القادمة سنشير إلى الوضع في الخليج بمزيد من التفصيل.

اختيار الأماكن الملائمة:

عند التفكير بالاستفادة من طاقة المد في البحار، لابد من إجراء دراسات مفصلة حول مدى جدوى مشاريع الطاقة هذه من وجهة نظر فنية واقتصادية،

وأول الأمور الفنية التي يجب دراستها هي حركة المياه أثناء المد والجزر وحجم الحوض الذي يمكن إنشاؤه. وتنبع أولوية هذين الأمرين من حقيقة أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من مشاريع المد والجزر تتناسب مع ارتفاع منسوب مياه المد فوق مياه البحر من جانب ومع كمية المياه المحجوزة في الحوض من جانب آخر، فقد يحصل مثلا أن تتواجد خزانات طبيعية ملائمة في بعض المناطق لكن دون توفر ارتفاع ملائم لمنسوب المياه أثناء المد، وقد يحدث أن يتوفر ارتفاع عال لمنسوب المياه دون أن تتوفر مناطق تصلح أن تكون خزانات للمياه، في مثل هذه الحالات تقل فرص الاستفادة من طاقة المد، وإذا ما تم التفكير باستغلالها فقد يثبت أن التكلفة الاقتصادية عالية جدا، ومثال ذلك ما إذا انعدم وجود الأحواض الطبيعية وأصبح لزاما إنشاء حوض صناعي فان تكلفة إنشاء مثل هذا الحوض قد تجعل من إنشاء محطة طاقة أمرا مكلفا وليس اقتصاديا.

ولكي نأخذ فكرة عن مساحات الأحواض المطلوبة وحجومها فلنفترض أننا نود إنشاء محطة لإنتاج 100 ميغاواط من الطاقة الكهربائية، ولنفترض أيضا أن ارتفاع منسوب مياه الحوض فوق مياه البحر يساوي خمسة أمتار،فإن معدل جريان المياه المطلوب في هذه الحالة هو في حدود 2500 متر مكعب في الثانية، ولو قدر لهذه المحطة أن تعمل طوال الوقت لتطلب الأمر خزن ما يكفي لمدة 12 ساعة و25 دقيقة، وحينئذ نعلم أننا بحاجة إلى حوض سعته مائة مليون متر مكعب من المياه، إن تشغيل المحطة بشكل يضمن إنتاجا مستمرا وثابتا يقتضي أن لا يتغير ارتفاع منسوب المياه إلا في حدود قليلة، ولذا فان حجم الحوض سيكون في الواقع اكبر بكثير من كمية الماء المطلوبة كي لا يؤثر سحب المياه من الحوض في ارتفاع منسوب المياه، ولو افترضنا أن سعة الحوض تساوي عشرة أضعاف كمية المياه المطلوبة لاحتجنا في حالة المثال الذي سقناه إلى حوض سعته ألف مليون متر مكعب أو كيلومتر مكعب من المياه.

الشرطان الرئيسيان، إذن لتوفر إمكان استغلال مصدر طاقة المد هما:

1- أن يكون هناك فارق معتدل بين منسوبي المياه وقت المد والجزر.

2- أن تتوفر مناطق طبيعية ملائمة تشكل أحواضا احتمالية بحيث لا يتطلب الأمر سوى إنشاء سدود بمقاسات معتدلة وتكلفة قليلة.

قائمة ببعض المناطق الملائمة لمشاريع طاقة المد *

المنطقة	المدى الوسطي لتغير منسوب المياه (أميار)	مساحة الخزان كيلو متر مربع
أمريكا الشمالية		
انابوليس	6.4	83
شيبوري	9.8	117
ميمر امكوك	10.7	23
الارجنتين		
سان خوزيه	5.9	750
انجلترا		
سيفرن	9.8	70
فرنسا		
الرانس	8.4	22
مونت سان ميشل	8.4	610
ايرلنده		
سترانجفورد لون	3.6	125
الاتحاد السوفييتي		
كيسلايا غوبا	2.4	2
البحر الابيض	5.65	2000
ميزين	6.6	140

* أمامك هنا قائمة ببعض المناطق الملائمة لإنشاء مشاريع طاقة المد . وسنفرد جزءاً خاصا في الصفحات اللاحقة عن أحوال حركة المد والجزر في الكويت.

إضافة إلى ذلك فان موقع المنطقة الجغرافي يلعب دورا في تحديد ما إذا كان من الملائم إنشاء محطات الطاقة هذه أو لا، فإذا كانت المنطقة قيد الدراسة بعيدة عن المراكز السكانية أو الصناعية بمعنى أنها بعيدة عن أسواق استهلاك الطاقة فقد لا تصبح المشاريع في هذه الحالة ملائمة، إذ أن العوامل الاقتصادية المتعلقة بنقل الطاقة المتولدة والاستثمارات المطلوبة

لذلك قد تجعل المشروع غير اقتصادي، ثم لابد من ضمان سهولة وصول التجهيزات والمعدات وأدوات الصيانة والتشغيل ولوازم العاملين في هذه المشاريع، لكن من الجانب الآخر، قد يؤدي وجود المناطق الملائمة والبعيدة عن المراكز السكنية إلى إقامة بعض المناطق الصناعية أو الزراعية خاصة إذا توفرت الظروف والمعطيات الأخرى الملائمة لذلك.

وهناك جانب آخر لابد من أخذه بعين الاعتبار وهو موضوع الملاحة البحرية، إذ أن إنشاء مشاريع طاقة المد يقتضي بناء حواجز وسدود وإغلاقها أثناء فترات معينة بحيث لا يسمح فيها بالملاحة أثناء هذه الفترات وربما يكون موقع هذه الحواجز والسدود متعارضا مع الطرق الملاحية القائمة مما قد يؤدي إلى ضرورة إعادة تنظيم أعمال الملاحة في المنطقة المذكورة، إن هذا هو أحد الجوانب السلبية المحتملة لمشاريع طاقة المد والجزر.

لكن هناك جوانب إيجابية لبناء الحواجز والسدود تتمثل في أن هذه الحواجز والسدود قد تقوم بربط أجزاء من اليابسة بحيث يسهل العبور من نقطة إلى أخرى بواسطة اجتياز جسر قصير بدل سلوك الطرق المحاذية للشواطئ، فيما لو لم توجد مثل هذه الجسور، كذلك فان الإنشاءات المرتبطة بمحطة الطاقة قد تعني تحسين وزيادة فعالية وكفاءة التسهيلات والخدمات البحرية.

النقطة الأخرى التي أخذت تحتل موقعا مهما في معظم مشاريع الطاقة هي النواحي البيئية لمثل هذه المشاريع بمعنى تأثير إنشاء مشاريع الطاقة على تلوث الجو ومياه الأنهار والبحار وتأثيرها على أوضاع الكائنات الحية الأخرى سواء على اليابسة أو في الماء.

إن طاقة المد لا تحمل أية أضرار بيئية تلويثية لأن الطاقة الناشئة هي نتاج التغير في ارتفاع منسوب المياه وليست نتيجة حرق مواد عضوية أو هيدروكربونية أو تفاعلات نووية، ولن يكون هناك تلويث للجو لأنه لن يكون هناك غازات محترقة، كما أنه لن يكون هناك تلويث لمياه البحار لأنه لا يتم قذف أي من نفايات أو فضلات المحطة في البحر إضافة إلى ذلك فان التأثير على الكائنات البحرية سيكون قليلا جدا إذ أن بيئتها لن تتغير كثيرا بل على العكس يتوقع البعض أن تسهم الأحواض الكبيرة في تطوير مصادر الثروة البحرية السمكية.

أنواع المحطات:

أن دراسة ملاءمة موقع ما لإنشاء محطات طاقة تعمل على الفرق في منسوب المياه أثناء المد والجزر هي الخطوة الأولى في الطريق إلى الهدف النهائي وهو الاستفادة من هذا المصدر وتوليد الطاقة الكهربائية، و يقتضي توليد الطاقة الكهربائية تركيب توربينات تقوم بتشغيل مولدات كهربائية لهذا الغرض، وهناك مجموعة أفكار حول الطرق المختلفة التي يمكن اتباعها للحصول على الطاقة الكهربائية، ويتوقف اختيار طريقة معينة على مجموعة العوامل الفيزياوية للموقع وعلى العوامل الاقتصادية، و يتوقف كذلك على طبيعة الاستهلاك الكهربائي القائم في المنطقة موضع الدراسة. أشرنا في الصفحات السابقة إلى أن حركة المد والجزر تحدث بشكل دوري، وأن النموذج النظري يتوقع أن تصل المياه إلى أعلى منسوب لها مرة كل 12 ساعة و25 دقيقة، وهذا يعني أن أعلى منسوب للمد لا يحصل في ذات الوقت من كل يوم بل ينحو لأن يتقدم 50 دقيقة يوميا، إن أهمية هذه الحركة تنبع من حقيقة أن الاستهلاك الكهربائي يتبع منحنيات معينة، فمثلا يكون استهلاك الكهرباء في النهار اكثر منه في الليل وبشكل خاص خلال ساعات معينة منه، أما في الليل فان الاستهلاك يقل، ومع منتصف الليل ينحو الاستهلاك إلى أن يصل إلى أدنى مستوياته، ويتكرر هذا النمط من الاستهلاك بشكل دوري، ولذلك تستطيع محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل على الوقود أن ترتب إنتاجها الكهربائي اعتمادا على ما يتوفر لديها من معلومات وإحصاءات، أما بالنسبة لطاقة المد والجزر فإنها تحدث في أوقات تتغير باستمرار بالنسبة لنمط حياتنا خلال الأربع والعشرين ساعة من كل يوم، وتبعا لذلك فلابد من الأخذ بالاعتبار حقيقة التغير هذه وإدراجها ضمن الهيكل العام للاستهلاك الكهربائي. وهناك عدة أشكال من المحطات التي تعمل على حركة مياه المد والجزر والتي تلائم المواقع المختلفة وأنماط الاستهلاك المختلفة، وسنشير هنا إلى ثلاثة من هذه الأنواع [6]:

1 - المحطات أحادية الخزان أحادية المفعول:

تتكون هذه المحطة من حوض واحد يتم إنشاؤه بواسطة بناء حاجز أو

(6) Gray, T.J. and Gashus, O.K. Tidal Power, Plenum Press, N.Y., 1972, P.8.

سد، ويتم تركيب محطة توليد الطاقة في هذا الحاجز إضافة إلى مجموعة من المنافذ التي تفتح وتغلق حسب الحاجة، يتم ملء هذا الحوض بواسطة ارتفاع مستوى الماء أثناء المد، وحين يصل مستوى الماء إلى المنسوب العالي تغلق المنافذ للمحافظة على ارتفاع منسوب المياه في الخزان، بعد ذلك يأخذ مستوى ماء البحر بالانخفاض بينما يكون ماء الخزان محافظا على منسوبه. وحين يصل الفرق بين منسوبي المياه في الخزان والبحر إلى الدرجة التي تسمح بتشغيل التوربينات يتم توجيه مياه الخزان إلى التوربينات التي تأخذ بالعمل وإنتاج الطاقة الكهربائية، يستمر التوربين في العمل وتشغيل المولدات الكهربائية مادام الفارق بين المنسوبين ملائما لذلك وأثناء عمل التوربين يفقد الخزان جزءا من مائه ويأخذ منسوب الماء فيه بالانخفاض، من جانب آخر يصل مستوى مياه البحر إلى أدنى مستوى في حالة الجزر ثم يأخذ بالارتفاع من جديد، وينبغي النظر عما إذا كانت مياه البحر في حالة جزر أو مد فان التوربين يستمر في العمل مادام الفارق بين منسوبي المياه في الخزان وخارجه ملائما، وحين يقل هذا الفارق إلى الدرجة التي لا تسمح بالمزيد من إنتاج الكهرباء يتوقف جريان المياه من الحوض عبر التوربينات إلى البحر وتبدأ من ثم فترة انتظار يسمح فيها لمنسوب مياه البحر بالارتفاع بسبب حركة المد، وحين يصل منسوب مياه البحر إلى مستوى أعلى من مستوى منسوب المياه في الخزان يتم فتح المنافذ للسماح لمياه البحر بالدخول إلى الحوض، وتستمر هذه العملية حتى تصل مياه المد إلى أعلى مستوى لها حيث تغلق هذه المنافذ، وقد تستعمل في مثل هذه الحالات مضخات المياه لضخ المزيد من مياه البحر إلى الخزان خاصة وأن الطاقة المطلوبة لتشغيل هذه المضخات ليست كبيرة بسبب أن الفارق في إرتفاع منسوبي المياه ليس كبيرا.

حين تنحسر مياه البحر بسبب حركة المد والجزر ويتكون فارق في ارتفاع منسوبي المياه يسمح للماء بالتدفق خلال التوربينات لتشغيلها، وتستمر عملية التشغيل حتى يعود ماء البحر إلى الارتفاع حيث يصبح فارق منسوبي المياه لا يسمح بالاستمرار في تشغيل التوربينات، وتستمر العملية بهذا الشكل بحيث تتوفر الإمكانية لتشغيل التوربينات وإنتاج الكهرباء خلال ساعات محدودة في كل دورة مد وجزر ومن هنا نرى أن إنتاج الكهرباء في

هذه المحطات ليس أمرا مستمرا بل إنه ذو طبيعة متقطعة.

2- المحطات أحادية الخزان ثنائية المفعول:

هذا النوع من المحطات صورة مطورة عن المحطات السابقة، وتقوم الفكرة هنا على الاستفادة من حركة المياه في كلا الاتجاهين، أي توليد الطاقة الكهربائية أثناء تعبئة الخزان وأثناء تفريغه، ومن أجل تحقيق هذا الهدف يتطلب الأمر تركيب توربينات تعمل على حركة المياه بغض النظر عن اتجاه الحركة، و يقتضي هذا بالضرورة أن تتوفر إمكانية تعديل اتجاه شفرات التوربين بما يتلاءم مع اتجاه حركة المياه.

لنبدأ بافتراض أن المحطة في حالة التوقف عن العمل وأن فارق منسوبي المياه في الحوض والبحر لا يسمح بتشغيل التوربين، نفترض أيضا أن مستوى مياه البحر يرتفع أي أنها في حالة مد، حين تأخذ مياه البحر بالارتفاع فوق مستوى مياه الحوض تفتح المنافذ ويسمح لمياه البحر بدخول الحوض لرفع مستوى المياه هناك، وحين تصل مياه البحر إلى أعلى منسوب تقفل هذه المنافذ ويتم تشغيل مضخات لرفع كميات من مياه البحر إلى الحوض للعمل على رفع مستوى مياه الخزان إلى مستويات أعلى، بعد ذلك تمر المحطة في مرحلة انتظار حين ينخفض مستوى ماء البحر بحيث يسمح الفارق بين منسوبي المياه بتشغيل التوربينات، عندها يتم توجيه مياه الحوض إلى التوربينات ويبدأ إنتاج الطاقة الكهربائية، يستمر هذا الأمر حتى تعود مياه البحر إلى الارتفاع بحيث تصل إلى مستوى منسوب مياه الخزان، وعلينا ملاحظة أن المنافذ تبقى مفتوحة أثناء ارتفاع مياه البحر رغم أن الفارق بين منسوبي المياه يقل بشكل مستمر، ويؤدي هذا الأمر إلى أن كمية الكهرباء المنتجة تأخذ بالانخفاض بشكل سريع كلما نقص الفارق بين المنسوبين.

إن السبب وراء ترك المنافذ مفتوحة هو تخفيض مستوى مياه الخزان للاستفادة من هذا الانخفاض في مرحلة توليد الكهرباء الثانية، فعندما يصل منسوب المياه إلى ذات الارتفاع تغلق المنافذ بحيث تستمر مياه البحر في الارتفاع فوق مستوى مياه الحوض، وحين تقترب مياه البحر من الوصول إلى أعلى مستوياتها يكون قد تشكل فارق بين منسوبي المياه يسمح لمياه

البحر بتشغيل التوربينات وإنتاج الكهرباء، و يستمر إنتاج الكهربا ء حتى تأخذ مياه البحر بالانحسار و يصبح الفارق في منسوبي المياه قليلا، عندها تغلق المنافذ وتستمر مياه البحر بالانحسار بينما مياه الحوض على مستواها، وحين يتشكل فارق ملائم في منسوبي المياه يعاد تشغيل التوربينات بواسطة مياه الحوض وتستمر الدورة على هذا المنوال بحيث يتم الحصول على الطاقة الكهربائية بفعل حركة المياه في كلا الاتجاهين.

3- محطات الخزانات المتصلة:

يمتاز هذا النوع من المحطات بأن توليد الكهرباء عملية مستمرة طوال الوقت، لكن كمية الكهرباء الناتجة ليست ثابتة طوال الوقت وإنما تختلف مع حركة المد والجزر، هذا النوع من المحطات ملائم لبعض المناطق التي تتوفر فيها خصائص طبوغرافية معينة بحيث يتوفر هناك منطقتان متجاورتان تشكل كل منهما حوضا قائما بذاته.

وتتم الاستفادة من هذا النوع من المصادر بواسطة إنشاء سد أو حاجز مشترك يحجز الحوضين عن مياه البحر، وتنشأ في هذا الحاجز منافذ لكل من الحوضين على حدة بحيث تفتح وتغلق حسب ما تقتضيه ظروف التشغيل. أما محطة التوليد الكهربائي فإنها تنشأ بين الحوضين، يعرف أحد الحوضين باسم الحوض العالي والآخر باسم الحوض المنخفض، وسبب التسمية يعود إلى أنه يجري الاحتفاظ بمنسوب المياه في الحوض العالي على مستوى أعلى من مستوى منسوب المياه في الحوض المنخفض بشكل دائم مما يعني توفر إمكانية توليد الطاقة الكهربائية بشكل مستمر.

يتلقى الخزان العالي مياهه من البحر أثناء المد ويقذف بها إلى الخزان المنخفض بشكل دائم، أما الخزان المنخفض فيحصل على المياه من الخزان العالي ويفرغها في البحر مرة أخرى، وهكذا تتحرك المياه من البحر إلى الخزان العالي إلى الخزان المنخفض فالبحر مرة أخرى.

لنبدأ بشرح دورة التشغيل بافتراض أن البحر في حالة جزر وأن منسوب المياه فيه منخفض إلى أدنى مستوى، لنفترض كذلك أن الحوض العالي مملوء بالمياه، يأخذ التوربين في العمل عند توجيه مياه الحوض العالي إلى الحوض المنخفض عبر التوربين، وتأخذ مياه الحوض المنخفض بالارتفاع،

وإذا حصل أن كانت على منسوب أعلى من منسوب مياه البحر فانه يسمح لها بالتدفق إلى البحر عبر المنافذ، وحين يأخذ مستوى مياه البحر بالارتفاع ليصل إلى مستوى مياه الحوض المنخفض تغلق المنافذ ويسمح للمياه بالارتفاع داخل الحوض، لكن نظرا لأن مياه الحوض العالي مازالت أعلى من مستوى مياه الحوض المنخفض فان التوربين يستمر في العمل.

وحين يصل منسوب مياه البحر إلى منسوب مياه الحوض العالي تفتح منافذ الحوض العالي ويسمح لمياه البحر أن تتدفق إلى الداخل لرفع مستوى مياه الحوض وحين تصل مياه المد إلى أعلى مستوى تغلق المنافذ للاحتفاظ بالمياه داخل الحوض العالي، و يستمر التوربين في العمل بسبب أن منسوب مياه الحوض العالي مازالت أعلى من مياه الحوض المنخفض. غير أنه من الطبيعي أن تكون حجم ا الأحواض متلائمة بحيث تسمح للتوربين بالعمل المتواصل.

وحين تنحسر مياه البحر وتصل إلى مستوى مياه الحوض المنخفض تفتح منافذ هذا الحوض للسماح للماء بالتدفق ثانية إلى البحر لتكتمل دورة جريان الماء. وتستمر العملية إلى أن تصل مياه البحر إلى أدنى مستوياتها ثم تعود إلى الارتفاع ثانية وتصل إلى مستوى مياه الحوض المنخفض، عند ذلك تقفل المنافذ و يسمح لمياه البحر بالارتفاع، وهكذا تستمر الدورة وتستمر تعبئة الحوض العالي بواسطة مياه المد، وتفرغ هذه المياه عبر التوربينات إلى الحوض المنخفض ثم إلى البحر ثانية، وكما لاحظنا فان تشغيل التوربينات عملية مستمرة، وكذلك إنتاج الكهرباء، ولكن في الأوقات التي تقفل فيها كل المنافذ ويسمح لمياه الحوض المنخفض بالارتفاع فان إنتاج الكهرباء يقل بسبب انخفاض مستوى مياه الحوض العالي.

مستقبل طاقة المد في الخليج العربي:

لا تتعرض شواطئ الجانب العربي من الخليج إلى حركات مد عالية جدا كتلك الموجودة في بعض الشواطئ الأوروبية والأمريكية، لكن مع ذلك فان ارتفاع المد في الخليج أو بعض مناطقه يصل إلى مستويات عالية بدرجة تسمح باستغلال هذا المصدر إن توفرت الشروط الملائمة الأخرى، فارتفاع المد في الخليج يزداد كلما اتجهنا شمالا، فهو يصل إلى حوالي

أربعة أقدام عند سواحل قطر و يرتفع إلى اكثر من أحد عشر قدما عند شواطئ الكويت، وقد أثبت العلماء السوفييت من خلال محطة الطاقة التي بنوها في منطقة كسلاياغوبا أن بالإمكان الاستفادة من طاقة المد حتى ولو كان ارتفاع المد أقل من ١١قدما، ويبلغ المعدل الوسطي لارتفاع المد في تلك المنطقة حوالي 8 أقدام، ويتغير ما بين 3 ,4-13 قدما. وتبلغ مساحة حوض محطة كسلاياغوبا 14 ,1 كيلومتر مربع وتعمل المحطة بطاقة 2 ميغاواط.

ولو نظرنا إلى جداول المد والجزر الخاصة بالكويت لوجدنا أنها تقع في ذات المدى الذي تعمل عليه محطة كسلاياغوبا، والجداول المتوفرة بين أيدينا تغطي ثلاثة مواقع في الكويت هي على الترتيب، ميناء الكويت وميناء الأحمدي والخفجي. وتدل المعلومات الواردة في هذه الجداول على أن أعلى فرق في منسوبي مياه المد والجزر يحصل في ميناء الكويت يليه ميناء الأحمدي ثم الخفجي. ونقدم في الجدول رقم(3) بيانا لارتفاع منسوبي مياه المد والجزر لشهر آذار عام 1972 في ميناء الكويت[7].

ويتضح من الجدول التالي أن شواطئ الكويت تشهد حالتي مد وحالتي جزر في كل يوم مع الأخذ بعين الاعتبار الأيام القليلة التي لا تخضع لهذه القاعدة بسبب أن دورة المد والجزر تأخذ أكثر من 12 ساعة في العادة، و يتضح أيضا أنه لو استثنينا بعض الحالات لوجدنا أن فارق الارتفاع بين منسوبي مياه المد والجزر يزيد عن 5 أقدام في 80٪ من النتائج المدرجة في الجدول رقم(3).

ولكن كما ذكرنا أثناء نقاشنا سابقا فان فارق الارتفاع ليس هو العامل الوحيد الذي يقرر جدوى إنشاء محطات طاقة تعمل على حركة المد والجزر، لكنه بالتأكيد من العوامل الرئيسية والمهمة جدا.

(7) جداول المد والجزر لميناء الكويت 1972،وزارة المالية والنفط والموانئ مطبعة حكومة الكويت.

منسوب المد والجزر في ميناء الكويت خلال شهر آذار **1972**

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار	اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة			دقيقة	ساعة	
1	21	–	3.2	2	59	–	3.2
	23	7	0.3		46	7	0.5
	27	13	3.3		46	13	3.3
	20	19	1.0		54	19	0.9
3	35	1	3.1	4	12	2	3.0
	6	8	0.6		26	8	0.7
	1	14	3.4		16	14	3.4
	26	20	0.8		56	20	0.8
5	50	2	2.8	6	33	3	2.6
	47	8	0.9		12	9	1.1
	34	14	3.4		56	14	3.5
	28	21	0.8		4	22	0.8

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
7	24	4	2.4
	41	9	1.3
	24	15	3.4
	48	22	0.9
9	18	7	2.1
	59	10	1.8
	40	16	3.3
11	..	3	0.9
	7	10	2.4
	42	13	2.1
	10	19	3.0
13	54	4	0.5
	22	11	2.9
	27	16	1.7
	5	22	3.2
15	10	6	0.2
	17	12	3.3
	12	18	0.9

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
8	24	5	2.2
	15	10	1.5
	57	15	3.4
	47	23	1.0
10	17	1	1.0
	..	9	2.2
	7	12	2.0
	40	17	3.1
12	7	4	0.7
	49	10	2.7
	15	15	2.0
	49	20	3.1
14	33	5	0.3
	50	11	3.1
	24	17	1.3
	7	23	3.3
16	1	–	3.4
	46	6	0.2
	42	12	0.5
	57	18	0.6

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
17	52	-	3.4
	20	7	0.3
	7	13	3.6
	39	19	0.3
19	33	2	3.1
	30	8	0.7
	..	14	3.8
	7	21	0.1
21	32	4	2.7
	46	9	1.2
	8	15	3.7
	51	22	0.4
23	2	-	0.5
	23	7	2.5
	31	11	1.8
	45	16	3.3
25	10	3	0.6
	54	9	2.9
	30	14	2.0
	52	19	2.9

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
18	42	1	3.3
	55	7	0.4
	33	13	3.7
	22	20	0.2
20	28	3	2.9
	7	9	0.9
	31	14	3.8
	55	21	0.2
22	50	5	2.5
	32	10	1.5
	51	15	3.6
24	37	1	0.7
	49	8	2.3
	51	12	2.0
	59	17	3.0
26	17	4	0.6
	43	10	3.0
	57	15	1.7
	40	21	2.9

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
27	7	5	0.6
	22	11	2.3
	59	16	1.4
	49	22	3.0
29	19	6	0.7
	19	12	3.3
	27	18	0.9
31	57	–	3.0
	8	7	0.9
	52	12	3.3
	33	19	0.6

اليوم	الوقت		الارتفاع بالأمتار
	دقيقة	ساعة	
28	47	5	0.0
	54	11	3.3
	47	17	1.1
	38	23	3.0
30	20	–	3.0
	46	6	0.8
	39	12	3.3
	2	19	0.7

5 الطاقة الجيوحرارية

مقدمة عامة:

الأرض خزان واسع من الحرارة، فهي ومنذ بدأت بالتكون قبل مئات ملايين السنين مازالت تبرد وتفتد حرارتها الجوفية المتجهة إلى السطح والى الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية، ومعلوم أن جوف الأرض على أعماق تصل إلى مئات الكيلومترات يتكون من مواد منصهرة حارة جدا، أما قشرة الأرض الصلبة فإنها لا تتعدى عشرات قليلة من الكيلومترات، لكن حتى في هذه القشرة الصلبة مازال هناك الكثير من المناطق التي تثور فيها البراكين وتتفجر منها الينابيع الساخنة بينما يندفع البخار بقوة كبيرة في مناطق أخرى، إن ثورة البراكين واندفاع البخار وتفجر الينابيع الساخنة هي من الأدلة الواضحة والشواهد المادية على وجود مخزون كبير من الطاقة الحرارية في قشرة الأرض الصلبة، وحيث إن باستطاعة الإنسان تحويل الطاقة من شكل إلى آخر، فان هذا الخزان من الطاقة الحرارية الموجود في قشرة الأرض يمثل مصدرا احتماليا يستطيع الإنسان استغلاله لخدمته في أغراضه المختلفة.

عرف الإنسان الطاقة الجيوحرارية منذ آلاف

السنين واستخدمها في تلبية بعض أغراضه بشكل يتلاءم ومستوى المعرفة التي امتلكها الإنسان في ذلك الوقت، ورغم أن الإنسان في السابق لم يكن على معرفة بطبيعة هذا المصدر الحراري وأسبابه إلا أنه مع ذلك استطاع التعامل معه وتسخيره لخدمة احتياجاته، وليس أدل على ذلك من حقيقة أن الإنسان عرف فوائد الاستشفاء في ينابيع المياه المعدنية ومارسها منذ فترات بعيدة ومازال يمارسها إلى وقتنا الحاضر وقد امتد وجود الينابيع الساخنة عبر معظم مناطق العالم من أوروبا مرورا بالشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى الهند والصين.

ومازالت هذه الينابيع موجودة وقيد الاستعمال لأغراض السياحة والاستشفاء في أنحاء مختلفة من العالم، فلو نظرنا إلى العالم العربي لوجدنا توفر هذه الينابيع في فلسطين والعراق ومصر والجزائر. وأما خارج العالم العربي فهناك وسط أوروبا حيث توجد مثل هذه الينابيع الساخنة في هنغاريا وتشيكوسلوفاكيا، وفي شمال أوروبا توجد في أيسلندة بشكل مكثف، ثم هنالك الولايات المتحدة الأمريكية واليابان والاتحاد السوفيتي ومناطق مختلفة من أمريكا اللاتينية ونيوزيلندة.

لكن إذا كانت استعمالات الإنسان لهذا المصدر من الطاقة قد تحددت بمستوى معرفته العلمية وقدراته التكنولوجية، فان التطور العلمي والتكنولوجي الهائل الذي شهده العالم بالإضافة إلى ازدياد حاجات الإنسان للطاقة قد أديا إلى توسيع مجالات استخدام هذا المصدر من الطاقة، ويمكن القول إن توسيع استخدام الإنسان للطاقة الجيوحرارية وتكثيفه قد بدأ في أوائل هذا القرن، ففي عام 1904 تم بناء أول محطة تستخدم البخار المندفع من باطن الأرض لإدارة التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية في إيطاليا في منطقة لارديريلو ثم أخذت استعمالات الطاقة الجيوحرارية بالتوسع وتعددت الأغراض والمجالات التي استخدمت فيها كتدفئة البيوت وتدفئة البيوت الزجاجية لأغراض الزراعة في المناطق الباردة، وفي الخمسينات من هذا القرن تم إنشاء محطة كهربائية ني نيوزيلندة في منطقة واراكاي حيث تتوفر هناك مصادر للمياه الساخنة في جوف الأرض والتي ما إن تندفع إلى السطح حتى يتحول قسم منها إلى بخار بفعل انخفاض الضغط عليها، و يستخدم هذا البخار الناتج في تشغيل توربينات

تولد الطاقة الكهربائية، كذلك استعملت المياه الساخنة في نيوزيلندة في تبريد أحد الفنادق، وفي عام 1960 تم تشغيل محطة كهربائية تعمل على البخار في كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية. ثم في عام 1967 قام الاتحاد السوفيتي بتشغيل محطة كهربائية يستعمل فيها غاز الفريون لتشغيل التوربينات، وكان السبب وراء استعمال الفريون هو أن درجة حرارة المياه الجوفية ليست عالية جدا إلى درجة تمكنها من أن تتحول إلى بخار حال وصولها إلى السطح فكان أن تم استعمال هذه الغازات التي تتبخر على درجات حرارة أقل من درجة غليان الماء، وبذا يتم تبخير هذه الغازات ورفع ضغطها ثم استعمالها بعد ذلك في تشغيل التوربينات وتوليد الطاقة الكهربائية، وهناك محطات لتوليد الطاقة الكهربائية تعمل على مصادر البخار والمياه الساخنة في كل من اليابان والمكسيك وايسلندة، و بالإضافة لتوليد الطاقة الكهربائية فهناك العديد من الاستعمالات المختلفة الصناعية والزراعية والطبية والتي سنأتي على تفصيلها في الصفحات اللاحقة.

لمحة جيولوجية:

من حيث المبدأ تتوفر الطاقة الجيوحرارية في أي مكان في الكرة الأرضية على عمق مئات الأمتار، غير أننا لا نطمع في المستقبل المنظور إلاّ باستغلال المناطق الملائمة اقتصاديا والتي يقع استغلالها ضمن القدرات التكنولوجية السائدة، ولذا فمع أن القشرة الأرضية الموجودة في قعر المحيطات تحوي خزانات كبيرة من مصادر الطاقة الجيوحرارية إلا أننا لا ندخل مثل هذه المناطق في الاعتبار حين الحديث عن الطاقة الجيوحرارية، على الأقل في الوقت الحاضر وحتى لو توفرت بعض المناطق الملائمة البعيدة جدا عن مراكز استهلاك الطاقة فان بعدها هذا يجعلها أقل جذبا وإغراء للاستثمار، ولأن مصادر الطاقة الجيوحرارية موجودة في باطن الأرض فسنلقي نظرة عامة على تركيب الأرض ومصادر الطاقة الجيوحرارية فيها.

الثابت الآن أن الأرض ليست كروية تماما بل تنحو أن تكون أشبه بكرة مفلطحة يأخذ مقطعها العرضي شكلا بيضيا، ويبلغ قطر الأرض عند خط الاستواء 8, 12756 كيلومترا بينما يبلغ طول المسافة بين القطبين الشمالي والجنوبي 8, 12713 كيلومترا وهو أقل بقليل من طول القطر عند خط

الاستواء، وتبلغ مساحة اليابسة على سطح الأرض 149 مليون كيلومتر مربع، بينما تبلغ مساحة المحيطات والبحار 361 مليون كيلومتر مربع [1]. ويتفق العلماء على أنه لو أخذنا مقطعا للكرة الأرضية لظهر أنها تتكون من أربعة أقسام متميزة وهي[2]:

1- القشرة-ويبلغ سمكها من 5- 60 كم، وتشكل حوالي 5, 1٪ من حجم الأرض وترتفع درجة الحرارة فيها إلى ما بين 500-1000 درجة مئوية، والجدير بالذكر أن مصادر الطاقة الجيوحرارية التي نتكلم عنها موجودة في هذه القشرة.

2- الوشاح-ويقع تحت القشرة ويمتد إلى عمق 2900 كيلومتر تقريبا ويشكل حوالي 82, 3٪ من مجمل حجم الأرض، وتصل درجة الحرارة فيه إلى 2500 درجة مئوية.

3- اللب الخارجي-ويقع تحت الوشاح ويمتد إلى عمق 5100 كيلومتر.

4- اللب الداخلي أو المركزي-و يشغل القسم المتبقي من الأرض وتصل فيه درجة الحرارة إلى حوالي 3900 درجة مئوية. ويبلغ حجم اللب الخارجي والداخلي معا حوالي 2, 16٪ من مجمل حجم الأرض. ويتكون اللب الخارجي من مواد منصهرة في حالة سيولة بينما اللب الداخلي صلب.

وبسبب ارتفاع درجة الحرارة كلما ازداد عمق المسافة باتجاه مركز الأرض، فان الحرارة تنتقل من الطبقات الداخلية إلى الطبقات الخارجية بفعل الفارق في درجات الحرارة ومن ثم تنتقل إلى الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية، لكن كمية الحرارة التي تنتقل إلى الغلاف الغازي قليلة جدا إذا ما قورنت مثلا بكمية الإشعاع الشمسي الساقط على وحدة المساحة ذاتها، ويعزي سبب وجود الحرارة في باطن الأرض إلى عوامل الجاذبية وحركة الأرض والى قوى الاحتكاك بين الطبقات الأرضية التي تتحرك وبعضها فوق بعض، ثم وبشكل اكبر إلى الإشعاعات الصادرة من المواد المشعة.

وتقول إحدى النظريات العلمية في أصل تكون القارات: إن مناطق

(1) Davis, S.N etal, Geology: Our Physical Environment, McGraw-Hill Book Company, London, U.K., 1976, P.17

(2). Davis etal, P. 18

اليابسة في العالم كانت ملتصقة بعضها مع بعض في قطعة كبيرة واحدة أو قارة واحدة تعرف بالقارة الأم أو غوند وانالاند، وقد حصلت صدوع وتشققات في بعض مناطق هذه الكتلة الواسعة من اليابسة أدت إلى ابتعاد قطع هذه اليابسة بعضها عن بعض وظهور القارات بالشكل الذي نراه حاليا، فهناك مثلا الصدع الممتد على طول المحيط الأطلسي من الشمال إلى الجنوب والذي يمر في أيسلندة ويسبب ظهور الحقول البخارية وينابيع المياه الساخنة، ثم هناك الصدع الإفريقي الممتد من فلسطين إلى شرق إفريقيا عبر البحر الأحمر وهناك صدوع أخرى في المحيط الهادي.

وتلعب هذه الصدوع والتشققات دورا هاما في تكوين البراكين وحصول الهزات الأرضية وتكون مصادر الطاقة الجيوحرارية، إن احتكاك طبقات الأرض ضمن القشرة الأرضية بعضها ببعض يؤدي إلى إنتاج كميات حرارة كبيرة ترفع من، درجة حرارة الصخور وخزانات المياه، كما أنها تساعد على عمل شقوق تتيح للأبخرة والمياه الساخنة الوصول، إلى الأرض، والواقع أننا لو نظرنا إلى المناطق التي تتوفر فيها هذه الأبخرة والمياه الساخنة لوجدناها قريبة من أماكن هذه الصدوع.

أنواع الحقول الجيوحرارية:

يمكننا أن نقسم الحقول الجيوحرارية إلى ثلاثة أنواع بشكل عام[3]:

1- حقول البخار الجاف، حيث تكون الطبيعة الغالبة لهذه الحقول هي وجود خزانات من أبخرة الماء على درجات حرارة عالية وتحت ضغوط عالية أيضا ويعتبر هذا النوع من الحقول اكثر ملاءمة لأغراض توليد الطاقة الكهربائية إذ أن المطلوب لا يتعدى القيام بعمليات الحفر لإتاحة المجال أمام البخار ليندفع بقوة إلى السطح، ومن ثم نقل هذا البخار في أنابيب إلى التوربينات لتشغيلها وإنتاج الكهرباء.

2- حقول الماء الساخن، حيث يغلب في هذه الحقول توفر الماء الساخن. وقد يوجد الماء على درجات حرارة عالية وتحت ضغوط عالية أيضا مما يسمح في هذه الحالة بارتفاع درجة حرارة الماء إلى اكثر من 100 درجة مئوية دون حدوث الغليان بسبب وجود هذه المياه تحت ضغط عال، إذ

(3) Berman, E., (Geothermal Energy), Noyes Data Corp., London, U.K., 1975.

المعروف أنه كلما ازداد الضغط الواقع على الماء كلما ارتفعت درجة غليانه، وعليه فقد توجد هذه المياه في خزانات كبيرة وتكون حرارتها مرتفعة وكذلك ضغطها، وحين يرتفع الماء إلى السطح ويتعرض إلى الضغط الجوي، الذي هو اقل من الضغط المؤثر على الماء في باطن الأرض، فان الماء يتبخر بحكم انخفاض الضغط ويتحول قسم منه إلى بخار يمكن دفعه في أنابيب وتوصيله إلى التوربينات لتشغيلها وتوليد الكهرباء. أما الماء المتبقي فيمكن استعماله في عدد من الأغراض الأخرى الملائمة وهي كثيرة.

أما النوع الآخر من هذه الحقول فهي تلك التي تحوي مياها ساخنة لكنها ذات درجة حرارة أقل من درجة الغليان، وقد توجد هذه المياه تحت ضغوط منخفضة نسبيا بحيث إنها تبقى في حالة السيولة حتى حين وصولها إلى سطح الأرض. إن مصادر المياه الساخنة هذه لا تحوي البخار ولذلك فمن أجل استعمالها في توليد الطاقة الكهربائية في التوربينات تستخدم لتبخير غازات عضوية مثل الفريون أو الايزوبيوتين ومن ثم تستعمل هذه الغازات في تشغيل توربينات لتوليد الطاقة الكهربائية، و بالإضافة إلى توليد الكهرباء فانه يتم حاليا استعمال هذه المصادر من المياه الساخنة في العديد من الدول لأغراض مختلفة صناعية وزراعية وطبية.

3- حقول الصخور الحارة وتتميز هذه الحقول بكونها لا تحتوي على مياه أو سوائل أخرى تسهل من عملية نقل الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها. إن هذا المصدر من الطاقة الجيوحرارية هو الأكثر شيوعا إذ أن درجة حرارة الأرض تزداد مع ازدياد العمق وقد تصل إلى عدة مئات من الدرجات المئوية على أعماق لا تزيد عن كيلومترات قليلة، وحيث إن تكنولوجيا الحفر قد شهدت الكثير من التقدم والتطوير بفعل عمليات التعدين وحفر آبار البترول فان مستوى التكنولوجيا الحالي يشكل أرضية صلبة يمكن استغلالها في البحث عن هذه المصادر والوصول إليها واستغلالها. والى الآن لم يتم استغلال هذا المصدر الكبير من الطاقة لكن البحوث جارية لاستغلاله.

إن أحد العوائق الرئيسية في وجه استغلال هذا المصدر هو كيفية نقل الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها، والفكرة الأكثر قبولا هنا هي ضخ كميات من المياه إلى باطن الأرض بحيث تصل إلى الصخور الحارة فتسخن

وتتبخر ثم تعود إلى السطح بخارا يستعمل في توليد الكهرباء.

ويتوفر وجود الصخور الحارة في معظم أنحاء العالم وبشكل خاص في المناطق ذات النشاطات البركانية الحديثة حيث تتواجد مثل هذه الطبقات الصخرية الحارة على مسافة قريبة نسبيا من سطح الأرض، وكما ذكرنا سابقا فرغم أنه لم يتم استغلال هذا المصدر من الطاقة إلا أن نظرة حسابية سريعة ستكشف لنا عن المخزون الهائل من الطاقة التي مازال أمام الإنسان إمكان استغلالها، فلو أخذنا مثلا طبقة صخرية من الجرانيت حجمها ميل مكعب واحد، ونظرنا إلى خصائص هذه الصخور مثل الحرارة النوعية والكثافة ودرجة الحرارة ولو افترضنا إن بالإمكان تبريد هذه الصخور 200 درجة مئوية، لوجدنا أن كمية الطاقة الحرارية الناتجة تعادل حوالي خمسمائة ألف مليون كيلو واط من الطاقة الكهربائية، إن بإمكاننا من ثم تقدير الكمية الهائلة من الطاقة المخزونة في الصخور الحارة خاصة إذا ما أخذنا في الاعتبار الأحجام الهائلة من هذه الصخور.

الخصائص العامة للحقول الجيوحرارية:

رغم أن مستوى المعرفة الحالية قد مكننا من تكوين صورة عامة عن الحقول الجيوحرارية إلا أن هناك الكثير من التفاصيل التي لا نعرف عنها سوى القليل، فنحن لا نعرف الكثير مثلا عن حركة المياه داخل هذه الخزانات وينطبق نفس الأمر على التيارات الحرارية التي تؤدي إلى تسخين هذه المياه والتي لا نعرف عنها الكثير. إن معرفتنا المحدودة هذه تشكل أحد العوائق في وجه تحقيق استخدام أمثل لهذه المصادر الحرارية، لكن مع ازدياد معرفة الإنسان بالخصائص التفصيلية لهذه الحقول فستزداد بالتأكيد فعالية استخدام الحقول الجيوحرارية واستغلالها، وتصل حدود عدم معرفتنا عن أوضاع الحقول الجيوحرارية إلى درجة عدم القدرة على إعطاء تقديرات صحيحة لحجم هذه الحقول وكمية الطاقة المتوفرة فيها، ويلجأ العلماء والأخصائيون في العادة إلى الاعتماد على التجربة وعلى المعلومات المتوفرة لديهم عن حقل ما لإعطاء بعض التقديرات عن حجم الحقول والطريقة المثلى لاستغلاله، لكننا رغم ذلك نملك صورة عامة عن الحقول الجيوحرارية، ويمكن القول إن هناك ثلاث خصائص لابد من توفرها في أية منطقة من

أجل تكوين حقل جيوحراري، وهذه الخصائص هي[4]:

1- وجود طبقة صخرية صلبة حارة تشكل المصدر الحراري لتسخين المياه، إن مخزون المياه الموجود في باطن الأرض يحصل على حرارته من الصخور الحارة المجاورة، وإذا لم تتوفر مثل هذه الصخور فان هذا يعني غياب المصدر الحراري وبالتالي لا ترتفع درجة حرارة المياه، وكما نعلم فان هناك الكثير من مصادر المياه الجوفية التي يستخدمها الإنسان في الشرب والزراعة والصناعة لكنها ليست مياها حارة وهذا راجع إلى أن هذه الخزانات لا تلاصق طبقات صخرية حارة كي تستمد الحرارة منها.

2- وجود خزان مائي مجاور للطبقة الصخرية الصلبة الحارة بحيث تتوفر الفرصة لانتقال الحرارة من الصخور الحارة إلى المياه الأبرد نسبيا من الصخور، وقد يحصل أن يفصل بين الماء وطبقة-الصخور الصلبة الحارة طبقة صخرية مسامية تسمح للماء بالنفاذ خلالها للوصول إلى مخزون الصخور الحارة، وعند ملامسة المياه للصخور الحارة فانه يسخن وتقل كثافته ويرتفع مرة أخرى إلى خزان الماء ويحل بدلا منه ماء أبرد وأعلى كثافة حيث يسخن بدوره وهكذا تستمر الدورة بحيث يسخن ماء الخزان الجوفي.

3- وجرد طبقة من الصخور غير المسامية فوق خزان المياه تشكل عازلا حراريا وتقلل من تسرب الحرارة من خزان المياه إلى سطح الأرض.

إن هذه الخصائص الثلاث هي من المتطلبات الأساسية لتكون حقول جيوحرارية وإذا كان وجود البخار هو السمة الغالبة لهذه الحقول فإنها تعرف بالحقول البخارية، أما إذا كان الماء الساخن هو السمة الغالبة فإنها تعرف بحقول السوائل. إن الدليل العملي والسهل على وجود مثل هذه الحقول هو وجود ينابيع المياه الساخنة أو اندفاع البخار من باطن الأرض، ومع ذلك فقد توجد الحقول الجيوحرارية في بعض المناطق دون توفر الشواهد العملية على ذلك، أي بغياب وجود الينابيع الساخنة، ولابد في هذه الحالة من القيام بالبحث عن هذه المصادر.

تعتبر الحقول البخارية اكثر الحقول ملاءمة في مجال استخدام الطاقة الجيوحرارية إذ أن استغلال هذه المصادر لا يتطلب سوى نقل البخار في

(4) Berman, E. Op. cit, P.21.

أنابيب وتنقيته من الشوائب العالقة ومن ثم استخدامه في محطات توليد الطاقة الكهربائية. وأفضل الأمثلة على هذه الحقول محطات توليد الطاقة الكهربائية في لاريد يريلو في إيطاليا والكيزرز في كاليفورنيا وماتسوكاوا في اليابان، وأما حقول الماء الساخن ذات الحرارة العالية والضغط العالي فان البخار يتولد بسبب انخفاض الضغط على هذه المياه حين وصولها إلى السطح، وفي العادة يتحول حوالي 20٪ من هذا الماء إلى بخار بينما يبقى القسم الآخر بشكل ماء على درجة الغليان يمكن استخدامه في العديد من الأغراض.

تقديرات الطاقة الجيوحرارية المخزونة:

إذا كان هناك من ضرورة لتقدير كميات الطاقة الجيوحرارية المخزونة فان ذلك يعود بشكل رئيسي إلى حقيقة أن هذه الطاقة ليست متجددة ولا دائمة، وهي بذلك تشبه مصادر الطاقة الأخرى مثل الفحم والبترول والغاز لكنها تختلف عن المصادر المتجددة مثل الطاقة الشمسية والطاقة الهوائية وطاقة المد والجزر وأمواج البحار والمحيطات، ونتيجة لكون هذه الطاقة مصدرا قابلا للاستنزاف والنفاذ فلابد للإنسان من معرفة مدى مساهمتها في تلبية متطلباته في المستقبل، وتختلف تقديرات العلماء والأخصائيين حول كمية المخزون من هذه الطاقة بسبب النقص في المعلومات الضرورية للقيام بمثل هذا التقدير. وحتى لو قام الإنسان بتقدير المخزون من هذه الطاقة في يومنا هذا فان تقديراته ستكون معتمدة بالتأكيد على مستوى معرفته الحالية وعلى قدراته التكنولوجية المتوفرة.

لكن علينا ملاحظة أن المعرفة البشرية والقدرات التكنولوجية تتزايد وتتطور باستمرار ولذا فان التقديرات المبنية على الوقائع المعاصرة قد لا تكون صحيحة في المستقبل، ثم هناك الجانب الاقتصادي في العملية إذ أن تقدير الطاقة الجيوحرارية المتوفرة يأخذ في الاعتبار حساب التكاليف لاستغلال هذه الطاقة، غير أن التكاليف الاقتصادية تتغير اعتمادا على تطور القدرات التكنولوجية وإمكانية استغلال هذه المصادر بشكل رخيص، كذلك وتدخل في الاعتبار تكاليف مصادر الطاقة الأخرى وجدوى استغلال الطاقة الجيوحرارية، نتيجة لذلك فان علينا قبول التقديرات الحالية بالكثير

من الحذر، وأن نقبلها مقرونة بقدرات الإنسان التكنولوجية الحالية، إن تقدير المخزون من الطاقة الجيوحرارية تذكر المرء بالتقديرات المختلفة عن احتياطي البترول، فقد كانت هناك تقديرات منذ أواخر القرن الماضي تقول بأن المخزون النفطي لن يكفي إلا لسنوات قليلة ومع ذلك فبعد قرن من الزمان مازال النفط مصدرا مهما للطاقة، وقد شهد العالم تطورات واسعة في مجال البحث عن الحقول النفطية وتطويرها، سواء تطوير تكنولوجيا الحفر للوصول إلى أعماق بعيدة في باطن الأرض أو استخراج النفط من قعر المحيطات في مناطق تمتاز بقسوة الطقس وشدة أمواج البحر كما هو الحال في بحر الشمال.

وهناك بعض التقديرات بان مصادر الطاقة الجيوحرارية المتوفرة في الولايات المتحدة الأمريكية قادرة على توليد ألف مليون ميغاواط لمدة خمسين عاما، ومع تطور التكنولوجيا واكتشاف المزيد من الحقول الحرارية فانه يتوقع أن يصبح بالإمكان توليد ما يعادل 3- 6 ألف مليون ميغاواط لمدة خمسين سنة أخرى، ولكن هناك تقديرات اكثر تفاؤلا تقدر أن المصادر المتوفرة حاليا في أمريكا تزيد من خمس إلى عشر مرات على التقديرات السابقة.

على كل فمهما كانت قيمة التقديرات الحالية لمصادر الطاقة الجيوحرارية ومهما كانت صحة هذه التقديرات فان هناك مجموعة من العوامل المهمة التي ستؤثر في إعطاء تقديرات مستقبلية عن الكميات المتوفرة ومن هذه العوامل:

1- حصول تطورات مهمة في المجال التكنولوجي تمكن الباحثين من اكتشاف حقول جديدة وتطوير الحقول الموجودة بحيث تكون النتيجة زيادة كمية الطاقة الموجودة حاليا والمحتملة مستقبلا.

2- تطوير طرق ووسائل وأجهزة جديدة للحفر تجعل من الممكن اكتشاف الحقول الجيوحرارية وتطويرها واستخراج الطاقة بتكاليف اقتصادية معقولة حتى ولو كانت مصادر الطاقة هذه موجودة على أعماق كبيرة، إن وسائل الحفر الموجودة حاليا تمكننا من الوصول إلى عمق 6 كيلو مترات ومع حدوث تطورات تكنولوجية أخرى فليس غريبا أن تتوفر القدرة للوصول إلى أعماق أبعد وبالتالي إلى مصادر أخرى.

3- إيجاد الحلول الناجعة للمشكلات الناتجة عن وجود مخلفات كيماوية في البخار والمياه الحارة المعدنية، إن التخلص من هذه المخلفات يعني رفع كفاءة استخدام المصادر الحالية وبالتالي توليد كمية من الطاقة أكبر.

4- تطوير أنظمة توليد الطاقة التي تعمل على الغازات العضوية وزيادة كفاءتها مما سيجعل بالإمكان استعمال خزانات المياه ذات الحرارة المنخفضة نسبيا في إدارة وتشغيل التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية.

5- التوسع في استعمال الطاقة الجيوحرارية في الأغراض الأخرى غير توليد الكهرباء، فهناك الكثير من المجالات التي يمكن استعمال المياه الساخنة فيها سواء أكانت أغراضا زراعية كتدفئة البيوت الزجاجية أو أغراضا طبية أو صناعية كما في صناعة الورق والنسيج.

6- زيادة معرفة الإنسان بالطبيعة الجيولوجية والهيدرولوجية لهذه المصادر، وزيادة معرفته بخصائص وطرق انتقال الحرارة في هذه المصادر في باطن الأرض مما سيؤدي بالنتيجة إلى زيادة كفاءة استخدام هذه المصادر.

وبالإضافة إلى تكوين صورة عامة عن كمية المخزون من الطاقة الجيوحرارية، فان القيام بتقدير طاقة الحقول بشكل فردي أمر ضروري لمعرفة حجم المنشآت التي يتم بناؤها ومعدل استغلال هذه الحقول، فالمحطات الكهربائية التي تعمل على الطاقة الجيوحرارية في الوقت الحاضر صغيرة الحجم في الغالب وتتراوح طاقتها الإنتاجية ما بين 50- 400 ميغاواط، وهناك أسباب عديدة لصغر حجم محطات الطاقة الكهربائية هذه، فهناك مثلا حقيقة أن البخار المندفع من باطن الأرض يكون على درجات حرارة وضغوط أقل من البخار المستعمل في المحطات التي تعمل على الغاز أو النفط، و يؤدي هذا إلى ضرورة تركيب توربينات ذات أحجام كبيرة تتلاءم مع خصائص البخار المندفع من باطن الأرض، كذلك فان البخار المندفع من الأرض يخرج بكميات محدودة وقد تكون قليلة نسبيا بحيث لا يمكنها توليد سوى كمية محدودة من الطاقة الكهربائية، ومن أجل التغلب على مثل هذا العائق فانه يتم اللجوء في العادة إلى حفر عدة آبار وتجميع البخار المندفع فيها في خط أنابيب واحد يقوم بتغذية محطة كهربائية واحدة، لكن مثل هذا الأمر لا يخلو من مشكلاته الخاصة إذ أن نقل البخار في الأنابيب لمسافات طويلة سيؤدي إلى تقليل ضغطه بفعل عوامل الاحتكاك والتكثيف

وفقدان الحرارة عبر الأنابيب إلى الأجواء المحيطة، وفي المحطات القائمة حاليا تتم تغذية محطة توليد الكهرباء من مجموعة من الآبار المحفورة على مسافة قريبة من المحطة، و يتراوح عدد الآبار التي تغذي محطة واحدة من 10- 30 بئرا.

من المحتمل أن تتغير الصورة الحالية لمحطات الطاقة الكهربائية التي تعمل على البخار من باطن الأرض، فمع تقدم تكنولوجيا الطاقة الجيوحرارية وتوفر إمكانات استغلال الصخور الحارة قد تتوفر القدرة على توليد بخار ذي ضغط عال ودرجة حرارة عالية مما يؤدي إلى إنشاء محطات كهربائية ذات قدرات عالية، كذلك فمن المتوقع أن تتغير الصورة الحالية لمحطات توليد الطاقة الكهربائية مع زيادة التطويرات في الأنظمة التي تعمل على الغازات العضوية إذ يمكن في هذه الحالة ضخ كميات كبيرة من المياه تحوي كميات كبيرة من الحرارة اكثر مما يحوي البخار المدفوع في أنابيب ذات أحجام مماثلة. إن هذا الأمر يعني توفر كمية اكبر من الحرارة للاستخدام في توليد الطاقة الكهربائية مما قد يساعد في توسيع أحجام المحطات الإنتاجية.

استخدام الطاقة الجيوحرارية:

كما ذكرنا سابقا، تتوفر الطاقة الجيوحرارية بشكل مخزون حرارة في المياه الساخنة أو الأبخرة أو الصخور الحارة، وتتركز الاستخدامات الحالية لمصدر الطاقة هذا على حقول المياه الساخنة والبخار الحار بينما مازالت حقول الصخور الحارة قيد الدرس والبحث والتطوير، إن وجود الطاقة على شكل مخزون مياه ساخنة وأبخرة يعني توفر العديد من مجالات الاستخدام لهذا المصدر ففي الكثير من مجالات استخدام الطاقة البترولية يجري، حرق المنتجات البترولية لإنتاج المياه الساخنة أو الأبخرة واستعمالها من ثم في العديد من الأغراض، وحيث إن الطاقة الجيوحرارية موجودة في الأصل بشكل مياه ساخنة وأبخرة فان استعمالها لا يتطلب سوى أعمال الحفر والوصول إلى هذا المصدر لإتاحة المجال أمام المياه أو الأبخرة للوصول إلى السطح ومن ثم استعمالها بشكل مباشر دون الحاجة إلى الدخول في حلقات وسيطية.

يبلغ استعمال العالم من الطاقة الجيوحرارية في المجالات كافة ما يعادل 3600 ميغاواط، ولكي نعطي القارئ صورة عن مبلغ هذا الاستعمال نقول إن هذا الرقم يقل قليلا عن. ضعف توليد الطاقة الكهربائية في الكويت خلال فصل الصيف حيث يصل هذا إلى اكثر من 2000 ميغاواط، وعلى ذلك يمكننا تبين أن الطاقة الجيوحرارية مازالت تشكل نسبة ضئيلة جدا من مجمل الاستخدام العالمي من الطاقة، ومن المؤكد أن زيادة مساهمة هذا المصدر في تلبية احتياجات الإنسان سيعتمد على مدى التطورات التكنولوجية وأعمال البحث التي ستجري مستقبلا.

يمكننا تقسيم الاستخدامات الحالية للطاقة الجيوحرارية إلى قسمين رئيسيين هما:

1- الاستخدامات الكهربائية:

ونقصد بذلك استخدام الطاقة الجيوحرارية في توليد الطاقة الكهربائية سواء بواسطة البخار الجاف أو البخار الرطب أو استعمال الغازات العضوية، و يبلغ إنتاج العالم من الطاقة الكهربائية من المصادر الجيوحرارية حوالي 1362 ميغاواط وهو ما يعادل ثلث الاستعمال العام تقريبا، و يتوزع إنتاج الطاقة الكهربائية في العالم على الشكل التالي[5].

جدول رقم (1)

انتاج الطاقة الكهربائية من المصادر الجيوحرارية

البلد	كمية الطاقة الكهربائية/ ميغاواط
اليابان	70.0
الاتحاد السوفيتي	5.8
الولايات المتحدة الأمريكية	522
ايطاليا	420.6
السلفادور	60.0
ايسلندة	2.8
نيوزيلندة	202.2
المكسيك	78.5
تركيا	0.5
المجموع	1362.4

(5)Armstead, H.C.H., Geothermal Energy, John Wiley and Sons, N.Y., U.S.A.,1978,P.143.

نلاحظ من الجدول رقم(1) أن أمريكا هي اكثر الدول استخداما للطاقة الجيوحرارية في توليد الكهرباء، ويليها بعد ذلك كل من إيطاليا ونيوزيلندة، والواقع أن أمريكا كانت إلى وقت قريب تحتل المرتبة الثانية بعد إيطاليا في مجال إنتاج الكهرباء من الطاقة الجيوحرارية، إلا أنه يبدو أن أزمة الطاقة أدت إلى تكثيف الجهود لاستغلال المصادر الأخرى ومنها الطاقة الجيوحرارية، أما بالنسبة لأيسلندة فرغم أن مصادر البخار والمياه الساخنة تتوفر بكثرة إلا أن إنتاج الكهرباء لم يحتل مكانا مهما في مجمل استعمالات الطاقة الجيوحرارية هناك، و يعود السبب في ذلك إلى أمرين: الأول هو توفر مصادر طاقة بديلة تتمثل بالمصادر الكهرومائية والثاني هو أن التركيز على استعمال الطاقة الجيوحرارية يتم في حقول أخرى مثل تدفئة المنازل وتسخين البيوت الزجاجية الزراعية، لكن وحيث أن أيسلندة قد وصلت حدود استخدام معظم مصادرها من الطاقة الكهرومائية، فالأغلب أن يتم التركيز مستقبلا على استخدام الطاقة الجيوحرارية في توليد الطاقة الكهربائية.

2- الاستخدامات غير الكهربائية:

و يندرج تحت هذا النوع من الاستخدامات الكثير من المسائل الطبية والزراعية والصناعية. ففي أيسلندة تستعمل المياه الساخنة في تدفئة البيوت بشكل رئيسي، إذ في العام 1974 كان حوالي 50٪ من سكان أيسلندة يعتمدون على الطاقة الجيوحرارية في تدفئة منازلهم ومن المتوقع أن ترتفع هذه النسبة في عام 1979 إلى 60٪ ثم إلى 70٪ في عام 1980، وهناك الاستخدامات الزراعية حيث تم تدفئة 140 دونما من البيوت الزجاجية الزراعية في عام 1974، وفي نيوزيلندة تدخل مصادر البخار والماء الساخن في صناعة الورق وتجفيف الأخشاب وأعمال التدفئة والتبريد، وفي تشيلي تستخدم في تحلية المياه المالحة وفي أعمال التعدين في مناجم النحاس، أما في هنغاريا فإنها تستعمل في تدفئة المنازل والمستشفيات والمصانع وتدفئة البيوت الزجاجية الزراعية وتجفيف المحاصيل وبعض الأغراض الصناعية كصناعة الأغذية والمنسوجات والسيراميك والورق، أما في الفليبين فهناك خطط لاستعمال المصادر الجيوحرارية في إنتاج الملح وفي الاتحاد السوفيتي تستعمل في تدفئة المنازل وإذابة الجليد عن الطرقات، وفي كينيا يستعمل البخار المندفع

من الأرض في تجفيف المحاصيل، وفي الجزائر تستعمل الينابيع الساخنة في الأغراض الطبية، وفي الولايات المتحدة تستعمل في أعمال التدفئة والتبريد.

يبلغ استعمال العالم من المصادر الجيوحرارية في مجالات الاستعمال غير الكهربائية حوالي 2276 ميغاواط أو ما يعادل ضعف كمية الطاقة الكهربائية المنتجة من هذا المصدر، وان كان هناك من سبب لتفوق الاستعمالات غير الكهربائية على الإنتاج الكهربائي فذلك لأن هناك العديد من المجالات التي يمكن استخدام الماء الساخن أو البخار فيها بشكل مباشر فتدفئة المنازل مثلا لا تحتاج سوى تنقية مياه الينابيع الساخنة ومن ثم ضخها في أنابيب وتوزيعها على البيوت والمصانع والمستشفيات، وكذلك الأمر بالنسبة لتدفئة البيوت الزجاجية الزراعية أو تجفيف المحاصيل، والسبب الآخر وراء زيادة الاستعمالات غير الكهربائية هو أن الكثير من مصادر الطاقة الجيوحرارية توجد على شكل ينابيع مياه ساخنة درجة حرارتها أقل من درجة الغليان وبالتالي لا يتيسر استعمالها في توليد الكهرباء إلا باستعمال التوربينات التي تعمل على الغازات العضوية بدل البخار. ولذا فقد يكون المناسب في هذه الحالة استعمال المياه الساخنة في الأغراض الأخرى عدا توليد الكهرباء لأن الأمر في النهاية لا يعدو أن يكون توفير الطاقة بأشكالها المختلفة لخدمة أغراض الإنسان العديدة.

تتوزع الاستعمالات غير الكهربائية لمصادر الطاقة الجيوحرارية في عدة مجالات هي الطب والسياحة تليهما الزراعة فالتدفئة فالاستعمالات الصناعية. ويقدم الجدول رقم(2) صورة عن توزيع الاستعمالات هذه في دول العالم المختلفة[6].

إن الأرقام المدرجة في الجدولين تعطي صورة عن الاستعمال العالمي للطاقة الجيوحرارية في منتصف السبعينات، وحيث إننا نشرف على نهاية هذا العقد فمن المتوقع أن تكون هذه الاستعمالات قد ازدادت خاصة وأن وطأة ارتفاع أسعار الطاقة من المصادر الأخرى لابد إلا وأن تكون قد حفزت على التوسع في استخدام المصادر المتاحة، ولو نظرنا إلى نسب استعمال الطاقة الجيوحرارية لوجدنا أن إنتاج الكهرباء يحتل المرتبة الأولى بنسبة

(6)Geothermal World Directory 1975/76, K.F. Meadows, California, U.S.A., 1976,P.173.

2 ,33٪ تليها الاستعمالات الطبية والاستجمام والسياحة بنسبة 7 ,28٪، ثم استخدام الطاقة الجيوحرارية في الأغراض الزراعية وتحتل المرتبة الثالثة بنسبة 9 ,21٪، ثم تدفئة المنازل بنسبة 8 ,11٪، فالاستعمالات الصناعية التي تحتل المرتبة الأخيرة بنسبة 4 ,4٪.

جدول رقم 2

الاستعمالات غير الكهربائية للطاقة الجيوحرارية

الأرقام بالميغاواط

البلد	زراعية	طبية وسياحية	صناعية	تدفئة	المجموع
اليابان	339.57	628.79	56.78	27.68	1052.82
الاتحاد السوفيتي	233.71	116.03	11.44	71.04	432.22
الولايات المتحدة الأمريكية	5.6	0.39	-	8.33	14.32
ايطاليا	0.6	-	-	-	0.60
هنغاريا	125.39	232.49	21.06	10.24	389.18
ايسلندة	39.95	-	17.72	254.04	311.71
نيوزيلندة	-	-	43.33	32.23	75.56
المجموع	744.82	977.7	150.33	403.56	2276.41

مشكلات الطاقة الجيوحرارية:

مصادر الطاقة المختلفة لها مشكلاتها المختلفة والخاصة بكل نوع منها، فالصعوبات التي تعترض استغلال أحد هذه المصادر تختلف عن صعوبات استغلال المصدر الآخر، كذلك فان ما نعتبره مشكلة يجب حلها في أحد هذه المصادر قد لا يكون له وجود البتة في عمليات استغلال المصدر الآخر، فلو نظرنا إلى الطاقة الشمسية والهوائية مثلا لوجدنا أن الطبيعة التناوبية لتوفر هذه المصادر تشكل أحد الجوانب التي يجري التركيز عليها في محاولة لدراسة أفضل الوسائل والسبل لتجنب الآثار الناتجة عن تناوبية توفر هذه المصادر، فنحن نعلم أن الشمس تشرق أثناء النهار فقط وأن إشعاعاتها، الساقطة على مكان ما على سطح الأرض تتغير بتغير الفصول، وكذلك الأمر بالنسبة للطاقة الهوائية حيث إن سرعة الهواء واتجاهاته

ليست ثابتة وبالتالي فان الطاقة الناتجة ليست ثابتة أيضا مما يتطلب التفكير الجدي لإيجاد وسائل لخزن الطاقة أثناء توفرها ثم إعادة استعمالها وقت الحاجة، إن مثل هذه المشكلات ليست موضع بحث عند الحديث عن استغلال الطاقة الجيوحرارية لأن خزان الطاقة هنا كبير وهائل ويمكن التحكم بكمية الطاقة المراد استخراجها ضمن المعطيات الطبيعية للحقل.

والطاقة الجيوحرارية لها مشكلاتها الخاصة أيضا، والواقع أن هذه المشكلات تختلف باختلاف نوعية الحقول الحرارية، فالمشكلات الموجودة في حقول البخار والماء الساخن تختلف عن مشاكل حقول الصخور الحارة، ومشكلات الصخور الحارة الصلبة تختلف عن مشكلات الصخور الحارة المسامية، ولتسهيل الأمر سنناقش مشكلات حقول البخار والمياه الساخنة على حدة ثم نتبعها بنقاش مشكلات الحقول الصخرية الحارة.

مشكلات حقول البخار والمياه الساخنة

١- مشكلات البحث.

طرق البحث عن مصادر المياه الساخنة والأبخرة تشبه تلك المستعملة في البحث عن البترول، إلا أن البحث عن المصادر الجيوحرارية اكثر صعوبة لأن الدلائل التي قد تشير إلى وجود خزانات من البخار والماء الساخن لا تعطي حكما قطعيا إلا بعد القيام بالحفر والتأكد من وجود مثل هذه المصادر كما أن وجود هذه الدلائل لا يعطي حكما قطعيا عن مدى حجم الخزان الحراري، وتتضمن عمليات البحث الأولية في العادة القيام بحفر عدة آبار على أعماق تصل إلى مئات الأقدام وذلك من أجل إجراء الاختبارات على طبيعة تركيب التربة وتوزيع درجات الحرارة في الأرض والبحث عن الدلائل الأخرى التي قد تشير إلى وجود مصادر حرارية، وتجري عمليات البحث هذه في المناطق التي تتوفر فيها دلائل أولية على إمكان وجود مصادر حرارية كتوفر ينابيع المياه الساخنة أو تصاعد البخار من باطن الأرض، أو في المناطق التي تعطي فيها الدراسات السطحية دلائل على توفر مثل هذه المصادر كالدراسات الجيوكيماوية للمياه الطبيعية والمقاومة الكهربائية للأرض في المنطقة المذكورة ودراسة الهزات الأرضية التي تعرضت أو تتعرض لها تلك المنطقة.

2- مشكلات الحفر:

تبدأ أعمال الحفر لاستغلال هذه المصادر الحرارية بعد توفر الشواهد والأدلة على وجود مثل هذه المصادر، ولأعمال الحفر في الحقول الحرارية مشكلاتها الخاصة، فالأدوات المستعملة حاليا في حفر الحقول الحرارية هي ذات الأدوات التي تم تطويرها طوال تاريخ البحث والتنقيب عن البترول وحفر آباره، وإذا كانت هذه الأدوات ملائمة للحقول البترولية فالأمر ليس كذلك في الحقول الحرارية إذ تواجه هذه الآلات درجات حرارة عالية في الطبقات الأرضية الجوفية وتواجه أيضا ضغوطا عالية تحد من فعاليتها بل ومن صلاحيتها للحفر. كذلك يندفع الماء الساخن أو البخار أثناء عمليات الحفر، ويكون محملا بمواد كيماوية مختلفة تعمل على تآكل أدوات الحفر وتقليل فعاليتها، وما يحصل في أعمال الحفر بحثا عن المصادر الحرارية حاليا هو أن عمق البئر يتحدد بالعمق الذي يحصل عنده خلل في أدوات الحفر وليس نتيجة لخطة موضوعة مسبقا، وعليه يمكننا رؤية أهمية تطوير معدات حفر تتلاءم مع ظروف المصادر الحرارية من حرارة عالية وضغط عال، الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة كفاءة استغلال هذه المصادر.

3- المشكلات العلمية:

المشكلة هنا أن معرفتنا بما يجري في المصادر الحرارية في باطن الأرض قليل، فمعلوماتنا عن حركة المياه وتياراتها داخل الخزانات قليلة وكذلك أيضا معرفتنا بطرق انتقال الحرارة وتياراتها في باطن الأرض. إن نقص المعلومات هذا يعني في النهاية عدم القدرة على تطوير نماذج نظرية تجعل من الممكن تحديد الحالة المثلى لعدد الآبار مثلا وطريقة توزيعها والأبعاد بين بعضها والبعض الآخر، وأي الآبار يجب حفره في البداية وبأي ترتيب ثم أي معدلات إنتاج يجب الالتزام بها من أجل إطالة عمر استغلال الخزان الحراري بصورة فعالة، إن الطرق المستعملة في وقتنا الحاضر تعتمد على الخبرات المحلية اكثر من اعتمادها على المفاهيم العلمية الصحيحة، ولذا فان تطوير المعرفة بخصائص الخزانات الحرارية سيعني زيادة كفاءة استخدامها.

4- مشكلات التلوث:

هناك مصدران رئيسيان للتلوث في الحقول الحرارية البخارية أو المائية

وهما: التلوث الحراري وخروج الغازات غير القابلة للتكثيف إذ من المعروف أنه يخرج مع البخار من باطن الأرض غازات غير قابلة للتكثيف تحت نفس الظروف التي يتكثف فيها البخار، وتختلف نسبة هذه الغازات من 5, -5 ٪ من كمية البخار المتصاعد، وتتكون هذه الغازات بدرجة رئيسية من أول أوكسيد الكربون، كذلك هناك غاز كبريتيد الهيدروجين والامونيا والميثانول، والمعروف أن لغاز كبريتيد الهيدروجين علاوة على سميته رائحة منفرة وإذا تجمع في كميات كبيرة فقد يشكل خطرا على حياة الإنسان والحيوانات، كذلك هناك إمكان أن تتجمع الغازات الثقيلة في الأماكن المنخفضة مما يؤدي إلى أخطار محتملة على النبات والحيوان، ومن جهة أخرى هناك أخطار التلوث الحراري خاصة إذا تم التخلص من البخار على درجات حرارة عالية أو إذا تم التخلص من المياه الساخنة بضخها إلى سطح الأرض أو ضخها إلى البحيرات أو أماكن تجمع المياه مما قد يؤدي إلى تعريض الأحياء البحرية من حيوان ونبات إلى الخطر، إن التخلص من هذه الأخطار يقتضي إعادة حقن البخار أو المياه في باطن الأرض مرة أخرى لكن هذه العملية تطرح مشكلات التكلفة الاقتصادية وتوفر التكنولوجيا الملائمة.

مشكلات الحقول الصخرية الحارة:

المشكلة الرئيسية هنا هي عدم وجود المياه أو أية سوائل أخرى تعمل على نقل الحرارة من باطن الأرض إلى السطح، لكن من الجانب الآخر فان مشكلات الحفر في الصخور الحارة أقل منها في حالة الحقول البخارية أو المائية، ذلك أن أدوات الحفر لن تواجه المشكلات الناجمة عن الضغوط العالية أو تدفق تيارات المياه الحارة القوية.

من المعروف أن الصخور هي من الموصلات الرديئة للحرارة، ولذا فان انتقال الحرارة من الطبقات الصخرية الجوفية الحارة إلى الطبقات الأبرد نسبيا عملية بطيئة ومن أجل الحصول على أكبر مقدار من الحرارة من الصخور يستلزم الأمر استخراج الحرارة من مساحة كبيرة من الصخور للتعويض عن انخفاض قدرات الصخور على توصيل الحرارة، ويستلزم هذا بدوره ضخ كميات كبيرة من الماء لتغطية السطح الواسع من الصخور، وبعد استخراج المياه إلى السطح واستعمالها في الأغراض المطلوبة يعاد ضخها

مرة أخرى إلى باطن الأرض للحصول على كمية حرارة أكبر وهكذا دواليك، ومن أجل استخراج الحرارة من الصخور فقد تم تقديم عدة أفكار.

إذا كانت الصخور الحارة الجافة من النوع المسامي وتقع تحت طبقة من الصخور الصلبة اللامسامية فان المطلوب في هذه الحالة هو اختراق طبقة الصخور الصلبة للوصول إلى الطبقة المسامية الحارة، يتم حفر عدة آبار في مثل هذه الحقول يستعمل بعضها لضخ الماء البارد بينما يجمع البخار أو الماء الساخن من بعضها الآخر، إن كون الصخور الحارة مسامية يسمح للماء بالنفاذ خلالها والتسرب عبر مساحات حارة واسعة مما يؤدي إلى استخراج الحرارة، ولا يحتاج الأمر هنا إلى أية زيادة في السطوح الحرارية إذ أن الطبيعة المسامية للصخور تعوض عن ذلك.

أما حين تكون الطبقة الصخرية من النوع الحار الصلب اللامسامي فلابد والحالة هذه من زيادة مساحة سطح انتقال الحرارة لأن صلابة الصخور وعدم مساميتها تمنع الماء من التسرب عبر مساحات كبيرة، و يقتضي الأمر في هذه الحالة إنتاج مساحات واسعة من السطوح الحارة، والطرق المقترحة في هذا المضمار هي إجراء تفجيرات تحت سطح الأرض في هذه الصخور لتفتيتها وإحداث الشقوق والتصدعات التي تسمح للماء بالتسرب إلى مساحات كبيرة. غير أن استعمال مواد التفجير التقليدية يجعل من استخراج الحرارة أمرا مكلفا، ولذا فقد تم اقتراح القيام بتفجيرات نووية من أجل إحداث تشققات في الصخور.

لا يخفى على القارئ أن اللجوء إلى مثل هذا الأسلوب محفوف بالمخاطر الكثيرة الناتجة عن التلوث النووي المحتمل، فالإشعاعات النووية قد تنفذ إلى سطح الأرض وتعرض البشر والحيوانات والنباتات إلى الخطر. كذلك فان المياه المحقونة في الأرض لاستخراج الحرارة ستحمل إشعاعات نووية وتنقلها إلى السطح أيضا، ورغم أن بعض المهتمين يقول بأن المياه المستعملة سيعاد ضخها مرة أخرى إلى باطن الأرض إلا أن هذا لا يمنع من إمكان حدوث تسربات للإشعاعات النووية، والجدير بالذكر أن التفجير النووي نفسه سيشكل مصدرا حراريا يضاف إلى المصدر الحراري الصخري، لكن مازال استعمال الطاقة النووية محاطا بالكثير من الشكوك والمعارضة بسبب الأخطار الكامنة فيه.

وهناك بديل آخر مازال تحت البحث والاستقصاء وهو استعمال مياه تحت ضغوط عالية وحقنها في الطبقات الصخرية لأحداث شقوق فيها، والمعروف أن هذه الطريقة مستعملة في صناعة البترول حيث تضخ المياه لأجل زيادة مسامية الطبقات المحتوية على البترول مما يؤدي إلى زيادة في استخراج البترول.

تقوم فكرة استعمال المياه المضغوطة على حفر حفرة في الطبقة الصخرية الصلبة ثم تعريض جوانب هذه الحفرة إلى ضغوط عالية مما يؤدي إلى إحداث تشققات في جوانب الحفرة تسمح للماء بالنفاذ إلى مساحات واسعة من السطوح الحارة، ويتوقع بعض العلماء أن ضخ المياه سيؤدي إلى تبريد الطبقات الصخرية التي تلامسها مما سيؤدي بدوره إلى تكوين وضع تكون فيه بعض الصخور حارة والأخرى باردة، وسينتج عن هذا الوضع حدوث اجهادات حرارية عالية في الصخور تؤدي بدورها إلى إحداث المزيد من التشققات، وبمعنى آخر فان العملية تعيد إنتاج ذاتها بشكل دوري فكلما بردت طبقة من الصخور أدى ذلك إلى حصول المزيد من التشققات.

ويجري في الوقت الحاضر العمل على مثل هذه الفكرة في مختبرات لوس الموس العلمية في نيو مكسيكو في الولايات المتحدة[7]. وقد دلت التجارب التي أجريت إلى الآن أنه بالإمكان إحداث تشققات كبيرة في الصخور الجرانيتية فيما إذا تم ضغط المياه إلى 100 ضغط جوي فاكثر، وستكشف السنوات القادمة عن مدى فعالية هذه الطريقة في استخراج الطاقة الجيوحرارية من الصخور الحارة الصلبة.

(7) Mortensen, J.J., Energy, Vol. 3, 1978, P. 639.

٦ مصادر أخرى للطاقة البديلة

تطرقنا في الفصول السابقة إلى المصادر الرئيسية للطاقة البديلة، ورأينا أن بعض هذه المصادر هي حاليا قيد الاستعمال بينما بعضها الآخر مازال في مرحلة البحث والتجارب، وباستثناء الطاقة الجيوحرارية فان المصادر الأخرى، كالطاقة الهوائية والطاقة الحرارية في البحار وطاقة المد والجزر مصادر دائمة ومتجددة، وبالنسبة للمصادر الدائمة والمتجددة فقد رأينا كيف أنها ترتبط جميعا بالشمس.

وسنتطرق في هذا الفصل إلى مصدرين آخرين للطاقة هما التمثيل الضوئي في النباتات وما ينتج عنه من مواد يمكن استخدامها كمصادر للطاقة، والهيدروجين باعتباره وقود المستقبل، إن لهذين المصدرين علاقة وثيقة بالشمس، فالتمثيل الضوئي في النباتات يقوم على امتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى روابط كيماوية تربط عناصر الكربون والأوكسجين والهيدروجين معا وتحولها إلى مواد كربوهيدراتية، وتتشكل المواد الكربوهيدراتية بأشكال مختلفة وتستخدم كأغذية تعيش عليها الكائنات الحية من حيوان وإنسان، كما أن المواد الهيدروكربونية التي هي النفط والغاز وكذلك المواد

الكربونية التي هي الفحم نجمت عن تحول المواد الكربوهيدراتية في أزمان سحيقة وتحت ظروف خاصة فقدت الأولى الأوكسجين وفقدت الثانية الأوكسجين والهيدروجين.

وسيتضح من عرضنا اللاحق أن بالإمكان استخدام أي مصدر من مصادر الطاقة لإنتاج الهيدروجين بما في ذلك الطاقة الشمسية، غير أن هناك بعض الطحالب المائية التي ينتج عن عملية التمثيل الضوئي فيها الهيدروجين مباشرة.

التمثيل الضوئي:

يمكن القول أنه لولا التمثيل الضوئي لما وجدت الحياة على الأرض بشكلها الحالي، إذ يؤدي التمثيل الضوئي وظيفتين أساسيتين هما: الحفاظ على التوازن في تركيب الغلاف الغازي المحيط بالأرض وبخاصة ذلك التوازن بين الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون، وإنتاج الطعام للكائنات الحية، صغيرها وكبيرها وسواء أكانت على سطح الأرض أم في البحار.

يشكل ضوء الشمس مصدر الطاقة في عملية التمثيل الضوئي، فتقوم أوراق النباتات بامتصاص أشعة الشمس وثاني أوكسيد الكربون من الجو، وتستخدم طاقة الضوء الممتصة في تحليل قسم من الماء الموجود في الأوراق إلى مكوناته الأصلية، أي إلى الأوكسيجين والهيدروجين، بعد ذلك يتم تفاعل الهيدروجين مع ثاني أوكسيد الكربون لإنتاج الكربوهيدرات بينما ينطلق الأوكسجين إلى الجو. إن عملية التمثيل الضوئي معقدة جدا والمرجح أنها ليست مفهومة بشكل كامل إلى الآن. لكن من أجل تبسيط العملية، توضع معادلة التمثيل الضوئي بالشكل التالي:

ثاني أوكسيد الكربون + ماء + طاقة ضوئية ـــ كربوهيدرات + أوكسجين

تستفيد النباتات من جزء قليل من طاقة أشعة الشمس في عملية التمثيل الضوئي، ونتيجة لهذا الواقع، فان كفاءة النباتات في تحويل طاقة الشمس إلى طاقة مفيدة منخفضة جدا فهي لا تتعدى ١٪ في أفضل الأحوال، أما في التجارب المختبرية فان هذه الكفاءة ترتفع لتصل إلى حوالي ٦٪[1].

(1)- Quercia, I.F.(Bio Couversion of Solar Energy), First International Symposium an non-Convertional Energy, Trieste, Italy, 1979.

وتقوم النباتات بتحويل 10^{21} جول من الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض، وهو ما يعادل حوالي واحد بالألف من مجمل الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض إلا أن هذه النسبة الضئيلة جدا تعادل عشرة أضعاف ما استهلكه العالم من الطاقة في عام 1974[(2)]. وبإمكاننا الاستنتاج بأن كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض تعادل على الأقل عشرة آلاف مرة من مقدار استهلاك العالم من الطاقة.

تؤدي عملية التمثيل الضوئي إلى إنتاج الطعام لكل الأحياء على الأرض بشكل مباشر أو غير مباشر فهناك أحياء تتغذى على النباتات فقط وهناك أحياء أخرى تتغذى على الحيوانات، كما أن هناك مخلوقات كالإنسان تتغذى على النباتات والحيوانات، غير أن الحيوانات التي يتغذى عليها الإنسان والحيوانات المفترسة تتغذى على النباتات مما يعني أن النباتات هي المصدر الأساسي لغذاء الأحياء.

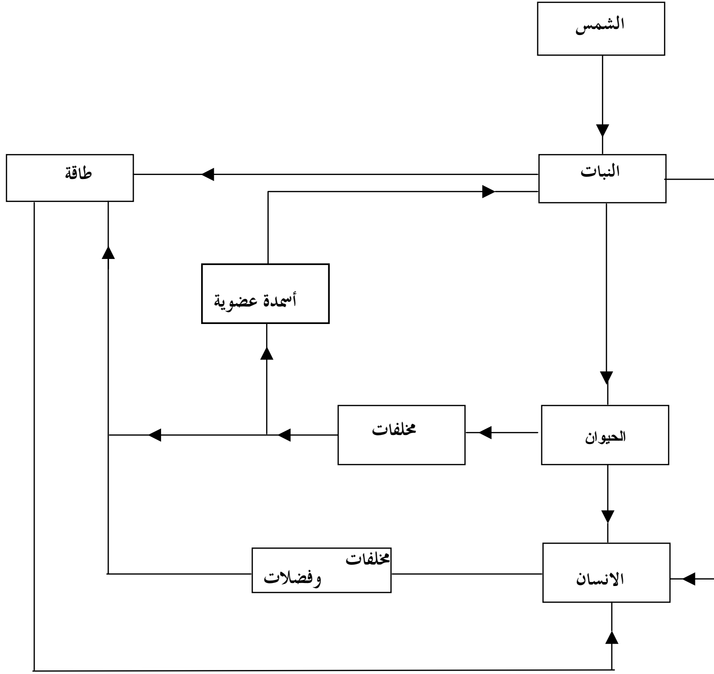
إن إنتاج الطاقة هو موضع اهتمامنا في هذا الفصل وليس إنتاج الغذاء رغم أن الغذاء طاقة للأحياء. أن هذا لا يعني إغفال موضوع إنتاج الغذاء والإقلال من أهميته، غير أننا سنقصر اهتمامنا على موضوع الطاقة الناتجة عن عملية التمثيل الضوئي.

نقدم في الشكل رقم (1) مخططا هيكليا عن إنتاج الطاقة بواسطة التمثيل الضوئي. فالشمس-كما ذكرنا-هي مصدر الطاقة في عملية التمثيل الضوئي. والنباتات الخضراء تقوم بعملية التمثيل الضوئي. ويستخدم جزء من النباتات في عملية الاستهلاك المباشر بواسطة الإنسان أو الحيوانات، بينما يستخدم جزء آخر في عمليات صناعية. غير أن هناك قسما من النباتات يحتوي على نسبة عالية من المواد الكربوهيدراتية مثل قصب السكر والبطاطا الحلوة والمنيهوت (Cassava) وهو نبات يستخرج من جذوره النشاء. والمواد الكربوهيدراتية في هذه النباتات هي موضع اهتمامنا لأنه بالإمكان تحويلها بواسطة التخمير أو عمليات كيماوية أخرى إلى كحول يمكن استعماله كمصدر للطاقة لإنتاج الكهرباء أو في وسائط النقل.

وأما بالنسبة لتلك النباتات التي يستهلكها الإنسان والحيوان فان دورها لا ينتهي عند حد الاستهلاك، إذ يتحول جزء من النباتات المستهلكة إلى

---

(2) المصدر السابق.



شكل رقم (1)
مخطط هيكلي لانتاج الطاقة بواسطة التمثيل الضوئي

بروتينات ودهون وتتبقى فضلات بعد عملية الهضم تحوي مواد عضوية يمكن الاستفادة منها في إنتاج الميثان الذي يصلح كوقود كغيره من أنواع الوقود المعروفة، إضافة إلى ما تقدم هناك النفايات والقمامة التي يطرحها الإنسان والتي تحتوي على مزيج من المواد العضوية وغير العضوية، ولو نظر أحدنا إلى كيس النفايات الذي يطرحه خارج بيته لوجد فيها خليطا من المواد من بينها مواد عضوية كالدهون وبعض الخضراوات، إن النفايات التي تشكل عبئًا ماليا على كاهل المجالس البلدية في جمعها من البيوت ونقلها إلى أماكن التجميع، يمكن أن تستخدم كمصدر للطاقة أيضا سواء كان ذلك بواسطة الحرق مباشرة أو بإحدى عمليات تحليل المواد العضوية وإنتاج الميثان. وفي الصفحات التالية من هذا الجزء سنتطرق إلى مصادر الطاقة التي ذكرناها بالترتيب التالي:

1- محاصيل الطاقة.
2- إنتاج الغاز من مخلفات الحيوانات.
3- الطاقة من القمامة والنفايات.

محاصيل الطاقة:

المقصود بمحاصيل الطاقة هي تلك النباتات التي يمكن تحويل منتجاتها إلى وقود يستخدم كمصدر للطاقة. ومن بين النباتات المهمة في هذا المجال هناك قصب السكر والمنيهوت والذرة السكرية والبطاطا الحلوة والنباتات التي تنتج منها الزيوت، وهذا لا يعني أن النباتات الأخرى لا تصلح كمحاصيل للطاقة، غير أن إمكان الاستفادة منها أقل من التي ذكرنا. وحين نتكلم عن محاصيل الطاقة فإننا لا نهمل حقيقة أن بالإمكان استعمال النباتات نفسها كوقود، لقد كانت الأخشاب وأغصان الأشجار مصدر الطاقة الأساسي للإنسان قبل اكتشاف الفحم والبترول، ، إلى الآن مازال هناك الكثيرون ممن يعيشون في الأرياف يعتمدون على الأخشاب وأغصان الأشجار كمصادر للطاقة سواء لتسخين المياه أو الطبخ أو تدفئة البيوت، ولما كانت النباتات بأكملها هي نتاج عملية التمثيل الضوئي إضافة إلى بعض العناصر الكيماوية التي تحصل عليها النباتات من التربة، فإنه يمكننا القول إن عملية التمثيل الضوئي كانت مصدر الطاقة الأساسي للإنسان خلال عصور طويلة.

ولسنا هنا لنعيد اكتشاف «كروية الأرض» أو للقول بأنه يمكن استعمال الأخشاب كمصدر للطاقة وذلك بحرقها في المواقد، كل ما يهمنا هنا هو الإشارة إلى الإمكانات المتوفرة لزراعة بعض المحاصيل التي يمكن تحويل منتجاتها إلى وقود يستعمل في وسائط النقل أو توليد الكهرباء أو غيرها.

إن من البدهيات أن زراعة أي محصول مهما كان نوعه يحتاج إلى بيئة ملائمة تتمثل في توفر تربة خصبة ومياه ودرجات حرارة مناسبة، وإذا ما فقد أحد هذه العناصر فان ذلك سيؤثر على إمكان زراعة المحاصيل أو على إنتاجيتها، وبالطبع هناك ضرورة أن يتوفر العنصر البشري القادر على استغلال المعطيات الطبيعية وتطويعها بالشكل الذي يتلاءم مع احتياجاته.

وتتوفر الخصائص الطبيعية الملائمة لإنتاج محاصيل الطاقة سالفة

الذكر في المناطق المدارية، شمال وجنوب خط الاستواء، فهذه المناطق تتمتع بتربة خصبة وبمياه وفيرة وبدرجات حرارة عالية، الأمر الذي يجعلها ملائمة لإنتاج هذه المحاصيل بكفاءة عالية.

تعتبر البرازيل من الدول الرائدة في مجال إنتاج محاصيل الطاقة، و يعود تاريخ إنتاج الكحول في البرازيل إلى فترة الحرب العالمية الأولى، ومنذ ذلك التاريخ جرت التجارب على إمكان استعمال الكحول كوقود للسيارات بعد مزجه بالبنزين، ففي عام 1930 صدر قرار في البرازيل جعل من مزج البنزين بالكحول أمرا إجباريا، غير أن توفر البترول بأسعار رخيصة أدى بالكحول إلى التراجع إلى الصفوف الخلفية تماما كما حصل مع مصادر الطاقة الأخرى (تباطؤ البحوث في الطاقة الشمسية، اضمحلال أهمية الطاقة الهوائية وتراجع دور الأخشاب والأشجار كمصدر للطاقة). وعاد الاهتمام بإنتاج كحول الايثانول مرة أخرى بعد عام 1973 حين أخذت أسعار النفط بالارتفاع، وكان من نتيجة الاهتمام بإنتاج الكحول أن عاد استعماله كوقود لوسائط النقل بعد مزجه مع البنزين، ففي عام 1978 كان معدل نسبة الكحول في وقود السيارات في البرازيل يساوي 8, 8٪، ومن المتوقع أن ترتفع النسبة إلى 3, 14٪ في عام 1979[(3)].

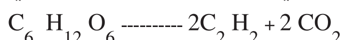
إن ما يحدد أهمية أي من محاصيل الطاقة هو كمية الطاقة النهائية من المحصول، وحيث إننا نتكلم عن المحاصيل فان العوامل المؤثرة في كمية الطاقة الناتجة هي كمية المحصول الناتج من وحدة المساحة المزروعة من الأرض وكمية المواد الكربوهيدراتية الموجودة في وحدة الوزن من المحصول ثم كمية الطاقة المطلوبة لتحويل منتجات المحاصيل إلى كحول، إن العلاقة بين هذه المتغيرات معا هي التي تقرر أفضلية هذا المحصول على غيره، ونود الإشارة هنا إلى أهمية العامل الأخير وهو كمية الطاقة المستهلكة في زراعة المحاصيل بشكل عام. لقد أدت الثورة التكنيكية في قطاع الزراعة إلى تحقيق معدلات عالية جدا من الإنتاج خاصة في بلد مثل الولايات المتحدة الأمريكية. ومن الثابت الآن أن هذه الإنتاجية العالية ما كان يمكن تحقيقها بدون الطاقة البترولية الرخيصة التي تدخل في العملية الزراعية بشكل أسمدة كيماوية أو بشكل طاقة مستهلكة في سلسلة المكائن ووسائل

(3) Internal Power Generation, Vol. 2 No.1,1979.

النقل المستعملة في الزراعة من خطواتها الأولى حتى تصل المادة الزراعية إلى المستهلك، وتذكر بعض المصادر[4] أنه في مقابل كل وحدة طاقة يحصل عليها النبات بواسطة التمثيل الضوئي يتم استهلاك أربع وحدات من الوقود الأحفوري (فحم، بترول، غاز) بشكل أسمدة ومصادر استهلاك أخرى للطاقة.

في الجدول رقم(1) نقدم قائمة ببعض محاصيل الطاقة وهي قصب السكر والمنيهوت والذرة السكرية (السرغوم)، و يتضح من الجدول المذكور أن قصب السكر هو أفضل هذه المحاصيل إنتاجا للطاقة تليه الذرة السكرية فالمنيهوت. كذلك يتضح من الجدول أن إنتاج قصب السكر في وحدة المساحة يعادل أربعة أمثال إنتاج المنيهوت، غير أن الأخير يمتاز بإنتاج كمية أكبر من الكحول في وحدة الوزن. لكن، لو نظرنا إلى تأثير العاملين معا لوجدنا أن قصب السكر ينتج كمية من الكحول أكبر من المنيهوت، وهناك ملاحظة جديرة بالتنويه في الجدول المذكور إذ لو أننا أهملنا الطاقة الموجودة في فضلات قصب السكر والذرة السكرية ونظرنا إلى كمية الطاقة النهائية دون أخذ طاقة الفضلات بعين الاعتبار لوجدنا أن كمية الطاقة للمحاصيل الثلاثة هي على الترتيب 3707 و1635 و3306 ميغاكالوري، على ذلك فإن الاستفادة من طاقة الفضلات أمر بالغ الأهمية لرفع كمية الطاقة النهائية التي يمكن الحصول عليها من قصب السكر أو الذرة السكرية.

يتم إنتاج الكحول من السكر بواسطة عملية التخمير حيث يتحول سكر الجلوكوز إلى الايثانول وثاني أو كسيد الكربون كما في المعادلة التالية[5]:



$$C_6 H_{12} O_6 \text{ --------- } 2C_2 H_2 + 2 CO_2$$

ثاني أوكسيد الكربون + ايثانول ـــــ سكر جلوكوز

92 غم　　　　180 غم

655 كيلو كالوري　　　　673 كيلو كالوري

يتضح من المعادلة السابقة أن تخمير الجلوكوز يؤدي إلى إنتاج كمية من الايثانول يعادل وزنها حوالي نصف وزن الجلوكوز الأصلي دون أن يؤدي

(4) انظر كذلك Quercia, I. F., George, S, How the other half Dies Pelican Books, England, 1979.

(5)- Otvos, J.W., (Production of Biomass by photo synthesis and others), First International Symposium on non-Conventional Energy, Trieste, Italy,1979.

جدول رقم (1)

ميزان الطاقة في محاصيل الطاقة المستعملة في انتاج الكحول

المحصول	الانتاج السنوي من المحصول طن/هكتار	الانتاج السنوي من الكحول لتر/هكتار	الطاقة في المحصول/ميغاكالوري/ هكتار/سنة			الطاقة المستهلكة في انتاج الكحول ميغاكالوري/هتكار/سنة			الميزان
			الكحول	الفضلات	المجموع	طور الزراعة	طور الصناعة	المجموع	
قصب السكر	54	3564	18747	17550	36297	4226	10814	15040	21257
المنيهوت	14.5	2523	13271	-	13271	2753	8883	11636	1635
الذرة السكرية	-	3775	19856	11830	31686	4667	11883	16550	15136

عن International Power Generation, Vol. 2 No. 1, 1979.

ذلك إلى تخفيض كمية الطاقة بشكل ملموس، إن تخمير 180 غرام من الجلوكوز تحتوي على 673 كيلو كالوري من الطاقة يؤدي إلى إنتاج 92 غرام من الايثانول تحتوي على 600 كيلو كالوري، والكحول الناتج من عملية التخمير هذه يمكن استعماله مباشرة في مكائن الاحتراق الداخلي بالشكل نفسه الذي نستعمل به البنزين، إن استعمال الكحول في السيارات يقتضي إجراء بعض التعديلات البسيطة في جهاز مزج الوقود بالهواء (الكاربور يتر) بحيث يتم تبخير سائل الايثانول قبل دخوله إلى اسطوانات الحرق.

إنتاج الغاز من مخلفات الحيوانات:

إن الاستفادة من مخلفات الحيوانات ليست بالأمر الجديد، فلقد استعمل الإنسان، ومازال، مخلفات الحيوانات كأسمدة للتربة في الوقت الذي لم يكن باستطاعته صناعة الأسمدة الكيماوية، وإلى ذلك فقد استعملت مخلفات الحيوانات أيضا لإنتاج الطاقة وذلك بحرقها مباشرة، ومن بين الاستعمالات الأخرى دخول المخلفات في بعض عمليات البناء المحددة.

والآن حيث يعيش العالم وهاجس استنزاف مصادر الطاقة الأحفورية مع ارتفاع أسعارها عما كانت عليه يقلق باله فقد عاد الاهتمام مرة أخرى بمخلفات الحيوانات باعتبارها مصدر طاقة، لقد كان أمرا مألوفا في السنوات القليلة الماضية أن يتحمل صاحب مزرعة حيوانات أو السلطات البلدية في المدن المصاريف الطائلة للتخلص من المخلفات، غير أنه من المتوقع أن تتغير الصورة في المستقبل بحيث إن هذه المخلفات ستصبح مصدر توفير حينما يتم استخدامها لإنتاج غاز الميثان.

من ضمن العناصر التي تحويها مخلفات الحيوانات هناك الكربون والهيدروجين والنيتروجين، الكربون والهيدروجين هما من المكونات الأساسية والرئيسية في معظم أنواع الوقود المتعارف عليه، أما النيتروجين فهو ما تحتاجه النباتات، على هذا فان مخلفات الحيوانات تصلح كمصدر للطاقة وكسماد للنباتات في ذات الوقت، إن استعمال مخلفات الحيوانات كسماد فقط يعني هدر الطاقة المتوفرة فيها والتي يمكن الحصول عليها بسهولة.

أن الحصول على غاز الميثان من مخلفات الحيوانات ليس بالأمر الشائع في وقتنا الحاضر رغم أن هذه المسألة شهدت بعض الاهتمام في ثلاثينات

وأربعينات القرن الحالي، وإذا كان العالم الصناعي لم يبد اهتماما واسعا بإنتاج الميثان من مخلفات الحيوانات فان هذا ليس بالضرورة هو واقع الدول الأخرى، فهناك الكثير من القرى الهندية التي مازالت تنتج غاز الميثان من مخلفات الحيوانات وتستعمله لأعمال تسخين المياه والطبخ، أما في الصين فقد حظى الأمر باهتمام واسع نتيجة للعدد الكبير من الحيوانات (المدجنة) ونتيجة للطابع الجماعي في الحياة الريفية الصينية، وتكمن أهمية النقطة الأخيرة في أن إنشاء جهاز لإنتاج كمية من الميثان تكفي لعائلة يحتاج إلى مخلفات خمسة حيوانات، من هنا فان جدوى إنشاء أجهزة إنتاج الميثان تعتمد إلى حد كبير على طبيعة العلاقات السائدة في القرى مثلا ودرجة التعاون بين السكان لجمع المخلفات وتوزيع الغاز، إن مثل هذه المشكلات لن تواجه صاحب مزرعة يمتلك آلاف الرؤوس من الأبقار وغيرها إذ ستتوفر لديه كميات كبيرة من المخلفات وسيستطيع بالتأكيد بيع القسم الأكبر من الغاز الناتج.

يتم إنتاج غاز الميثان من مخلفات الحيوانات بواسطة طريقة تدعي «الهضم اللاهوائي Anaerobic Digestion». إذ توضع مخلفات الحيوانات في وعاء يدعي الهاضم ولا يسمح للأوكسجين بالدخول إلى حيث توجد المخلفات، فتقوم البكتيريا بتحليل المخلفات في جو خال من الأوكسجين و يكون الناتج غاز الميثان وأوكسيد الكربون، ثم يجمع الغاز الناتج من عملية تحلل المخلفات في خزان، ومن ثم يستعمل في الأغراض المطلوبة. يبلغ حجم الغاز المنتج من المخلفات ما يعادل 5, 1- 5, 2 من حجم الهاضم نفسه، فلو افترضنا أن حجم الهاضم يبلغ ألف ليتر فان حجم الغاز الناتج يبلغ حوالي ألف وخمسمائة إلى ألفين وخمسمائة ليتر من الغاز، وتختلف نسبة الميثان في الغاز الناتج اعتمادا على نوع المخلفات المستعملة غير أن النسبة تتراوح بشكل عام ما بين 60-70٪.

وتحتوي المخلفات التي تبقي بعد إنتاج الغاز على النيتروجين، وهو الذي تحتاجه النباتات، لذلك فان مخلفات عملية الهضم اللاهوائي تستعمل أسمدة للنباتات في المزارع، وبهذا الشكل يمكن الاستفادة من مخلفات الحيوانات باعتبارها مصدر طاقة ومصدر أسمدة في ذات الوقت.

تعتبر الأبقار من افضل الحيوانات في مجال إنتاج الغاز من المخلفات إذ

مخلفات البقرة الواحدة في اليوم الواحد تنتج ما يساوي 1200 ليتر من الغاز، أما بالنسبة للخنازير فهي تنتج 140 ليترا بينما تنتج مخلفات الدجاجة الواحدة 9 ليترات فقط، وفي الجدول رقم(2) نقدم قائمة بإنتاج الغاز من مخلفات هذه الحيوانات.

جدول رقم (2)

انتاج الغاز من مخلفات الحيوانات

الانتاج بالليترات من مخلفات الحيوان ليوم واحد

الحيوان	حجم الغاز الناتج	نسبة الميثان في الغاز	القيمة الحرارية في ليتر من الغاز/ كيلو جول
بقرة حلوب	1200	%59	22
خنزير	140	%68	25
دجاجة	9	%68	25

المصدر International Power Generation, Vol. 2, No. I, 1979.

إن من بين الصعوبات الفنية التي يفرضها غاز الميثان هناك مسألة الخزن، إذ أن خزن الميثان مسألة تختلف عن خزن الغازات العضوية الأخرى كالبروبين والبيوتين، فمن اجل تخفيض حجم الميثان بصورة ملموسة يجب ضغطه إلى ما يعادل 200 ضغط جوي، وإذا ما أريد الاحتفاظ به بشكل سائل فلا بد من تبريده، أن اللجوء إلى واحدة من الطرق السابقة لخزن الميثان يعني استعمال الضاغطات أو أجهزة التبريد التي تحتاج إلى طاقة كي تعمل، ويؤدي هذا بالطبع إلى تقليل الفائدة الكلية من إنتاج الميثان. كما أن اللجوء إلى خزن الغاز دون ضغط أو تبريد يعني ضرورة بناء خزانات كبيرة الحجم وهو ما يستدعي استثمارات أولية عالية، لذلك فإن من الضروري استهلاك أكبر كمية من غاز الميثان الناتج حال خروجها من الهاضم مع الاحتفاظ بخزان مناسب لتلبية أية زيادة طارئة في الطلب على الطاقة.

الطاقة من القمامة والنفايات:

ينتهي أمر مسألة القمامة بالنسبة للفرد العادي حين يطرح كيس القمامة خارج باب بيته، أما ما يحصل بعد ذلك فهو ليس من مسؤوليته بل يقع على عاتق السلطات المحلية التي تجند جيشا من عمال التنظيفات مهمتهم جمع هذه الأكياس ونقلها في سيارات إلى أماكن التجميع حيث يجري التخلص منها بطريقة أو بأخرى. وتتزايد أكوام القمامة في المدن الكبيرة نظرا لكثرة عدد السكان وارتفاع الاستهلاك وتنوعه، وتواجه السلطات المحلية في هذه المدن مشكلة التخلص من أكوام القمامة التي أخذت تحتل مساحات واسعة من الأراضي خارج المدن، ولا يخفى أن جمع النفايات وطرحها على أطراف المدن واحتلالها لمساحات واسعة من الأراضي يشكل عبئا ماليا على كاهل السلطات المسؤولة في أية مدينة، وبالإضافة إلى ما تقدم، فان أكوام القمامة هي مصدر احتمالي لانتشار الأمراض لان أكوام القمامة تشكل بيئة ملائمة لتكاثر الفئران والصراصير والبكتريا.

تعرف القمامة باسم «الخام المدني» باعتبار أن مشكلة القمامة ظهرت مع توسع المدن وظهور الصناعات، وكان بالإمكان التخلص من كميات القمامة القليلة التي كانت تنتجها القرى في الأرياف وذلك بقذفها في العراء أو استعمالها كأسمدة للأرض، لكن الآن تتجمع كميات كبيرة من القمامة في الدول الصناعية وبخاصة تلك التي تتمتع بمعدلات استهلاك عالية يرافقه تبذير في طريقة استعمال المواد المختلفة، سواء كان ذلك في الصناعات أو في الاستهلاك البشري، ففي بلد مثل بريطانيا يبلغ وزن القمامة المتجمعة سنويا-حوالي 20 مليون طن، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فان الرقم يرتفع ليصل إلى حوالي 200 مليون طن سنويا، علما بأن عدد سكان الولايات المتحدة الأمريكية لا يزيد عن خمسة أضعاف عدد سكان بريطانيا.

وتقول بعض التقديرات إن كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من عشرين مليون الطن قمامة في بريطانيا تعادل طاقة حوالي ستة ملايين طن من الفحم، وتشكل كمية الطاقة هذه حوالي 5٪ من استهلاك محطات توليد الطاقة الكهربائية في بريطانيا. أما بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فان التقديرات المتوفرة تقول: إنه بالإمكان إنتاج 10٪ من متطلبات محطات توليد الطاقة الكهربائية من الوقود فيما لو استعملت كمية القمامة المتجمعة

في ذلك البلد لأغراض إنتاج الطاقة.

وفي الواقع هناك بعض المدن التي بدأت في استغلال القمامة لتوفير جزء من متطلباتها من الطاقة، ففي مدينة فرانكفورت في ألمانيا الغربية يجري إنتاج حوالي 7٪ من استهلاك المدينة من الكهرباء بواسطة حرق أكوام القمامة ونقل الطاقة الناتجة إلى محطات توليد الكهرباء، وتحصل مدينة امستردام على حوالي 6٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية بواسطة حرق القمامة، أما في مدينة فيينا-عاصمة النمسا-فان القمامة تستعمل في إنتاج البخار للأغراض الصناعية، وفي تورنتو-في كندا-تم استعمال فكرة الاستفادة من القمامة كمصدر للطاقة في تصميم إحدى العمارات التي تضم 300 شقة، وتقوم الفكرة على جمع القمامة التي يطرحها سكان العمارة وحرقها في مرجل مركزي لتسخين المياه للاستعمالات المنزلية.

وهناك طرق عديدة للحصول على الطاقة من القمامة والنفايات منها:

1 - طريقة الحرق المباشر:

وتعتمد هذه الطريقة على بناء محارق خاصة لحرق القمامة والنفايات واستخدام الحرارة الناتجة في تسخين المياه أو إنتاج البخار الذي يمكن استعماله بعد ذلك في تشغيل التوربينات وتوليد الطاقة الكهربائية.

إن هذه الطريقة رغم بساطتها إلا أنها ليست الطريقة الفضلى ولا المثلى للاستفادة من أكوام القمامة، إن حرق كميات القمامة الكبيرة يحتاج إلى محارق كبيرة الحجم تكون في العادة مكلفة من الناحية الاقتصادية، كما أن ضمان حرق كمية النفايات كلها يحتاج إلى تقليب القمامة داخل المحارق بشكل مستمر، وهناك أيضا مسألة كفاءة المحارق التي تكون في العادة منخفضة لأن قسما من الحرارة يتسرب إلى الخارج عبر الدخان المنبعث من المداخن، وإضافة إلى ذلك، فإن الدخان المنبعث من المداخن يؤدي إلى تلويث الأجواء المحيطة.

إن استعمال طريقة الحرق المباشر يضع قيودا على استعمال الطاقة المتولدة فالطاقة الحرارية الناتجة عن عملية الحرق لا يمكن نقلها من مكان إلى آخر بل يجب استعمالها في المحطة نفسها وذلك بتسخين المياه أو إنتاج البخار لتشغيل التوربينات، لذا فمن أجل التغلب على هذه التغييرات يجري

التفكير باللجوء إلى العمليات الكيماوية لاستخراج بعض أنواع الوقود من النفايات. إن الوقود الناتج عن مثل هذه العمليات الكيماوية يمكن خزنه أو نقله واستعماله حسب الحاجة.

2- طريقة الهدرجة:

هذه إحدى الطرق الكيماوية المستعملة في استخراج زيوت الوقود من القمامة، والهدرجة هي عملية اختزال كيماوي القصد منها استخراج الأوكسجين من المخلفات العضوية وبخاصة السيلولوز الذي يشكل أحد العناصر الرئيسية في هذه المخلفات. يتركب السيلولوز من الأوكسجين والهيدروجين والكربون، وحين يتم التخلص من الأوكسجين يتبقى عنصرا الكربون والهيدروجين وهما أساسيان في الوقود.

يتمثل الجانب العملي في عملية الهدرجة في وضع المخلفات العضوية وأحد العوامل المساعدة مثل كربونات الصوديوم في مفاعل، ويجري بعد ذلك إدخال بخار الماء وأول أوكسيد الكربون إلى المفاعل تحت ضغط يعادل 100-250 ضغط جوي ودرجة حرارة تتراوح ما بين 240-380 درجة مئوية. تستمر هذه العملية حوالي ساعة واحدة ينتج عنها تحويل الهيدروجين والكربون إلى زيوت نفطية.

وينتج عن عملية الهدرجة هذه إنتاج برميلين من زيوت المحروقات لكل طن واحد من المخلفات والنفايات، لكن حيث إن عملية الهدرجة نفسها تحتاج إلى حرارة وأول أوكسيد الكربون من أجل إتمام التفاعل فان الناتج النهائي لهذه العملية يعادل حوالي 1,25 برميل زيت لكل طن من القمامة، والزيوت الناتجة من عملية الهدرجة هي من نوع الزيوت البرافينية الثقيلة التي تحوي بعض الأوكسجين والنيتروجين وقليلا جدا من الكبريت، وتبلغ الطاقة الحرارية للرطل الواحد من هذه الزيوت حوالي 15 ألف وحدة حرارية بريطانية.

3- التحلل الحراري:

هذه الطريقة ليست سوى «طبخ» النفايات في جو خال من الأوكسجين حيث يتم في البداية تجفيف النفايات للتخلص من الماء الموجود فيها، ومن

ثم تقطع إلى قطع صغيرة، ويكون قد تم فصل المواد العضوية عن غير العضوية، بعد ذلك تدخل النفايات العضوية إلى وعاء مقفل ولا يسمح للهواء بالدخول إلى داخله. وتسخن النفايات إلى درجة حرارة تعادل حوالي 500 درجة مئوية حيث تحلل المواد العضوية، وينتج من هذه العملية برميل زيت واحد لكل طن واحد من النفايات، والى جانب ذلك ينتج حوالي 160 رطلا من الفحم وبعض الغازات الأخرى ذات القيمة الحرارية المنخفضة، و يستعمل الفحم والغاز كوقود لتوليد الحرارة المطلوبة للتفاعل.

لا يجري في هذه العملية التخلص من الأوكسجين الموجود في السيلولوز ولذا فان الزيت الناتج يحتوي على نسبة عالية من الأوكسجين تصل إلى حوالي الثلث. أما النيتروجين والكبريت فانهما موجودان بنسبة قليلة، وبسبب نسبة الأوكسجين العالية في الزيت الناتج فان القيمة الحرارية لهذا الزيت تكون منخفضة وتبلغ حوالي 10500 وحدة حرارة بريطانية للرطل الواحد.

إن من مزايا عملية التحلل الحراري أنها لا تؤدي إلى أية آثار تلويثية وبذلك فإنها اكثر قبولا من طريقة الحرق المباشر. كذلك تكون الزيوت والغازات الناتجة اكثر ملاءمة للخزن والنقل والاستعمال عند الحاجة.

إن استخدام القمامة كمصدر للطاقة لن يؤدي إلى تلبية بعض متطلبات الإنسان من الطاقة فقط بل ستقدم أيضا حلا لمشكلة تراكم القمامة التي تشكل عبئا ماليا على كاهل السلطات البلدية في المدن كما تحتل مساحات واسعة من الأراضي يمكن استغلالها في الزراعة أو لأغراض التوسع المدني المختلفة.

الهيدروجين:

يحظى الهيدروجين باهتمام واسع كوقود مستقبلي وكوريث لأنواع الوقود المعروفة في عصرنا خاصة البترول والغاز، ففي عدد 15 - 16 سبتمبر 1979 نشرت جريدة الهيرالد تريبيون خبرا رئيسيا في صفحتها الأولى بعنوان «البحث عن الطاقة يتحول نحو الهيدروجين» تطرقت فيه إلى آخر التطورات في مجال إنتاج الهيدروجين واستخداماته، إن للاهتمام بالهيدروجين كوقود مستقبلي ما يبرره، فلو افترضنا أن مصادر البترول والغاز قد انتهت تماما ولم يتبق منها شئ فما هو الوقود الذي يمكن أن يحل محلها لتسيير كافة

أنواع وسائط النقل البرية والبحرية والجوية؟ ثم ما هو الوقود الذي سيحل محل الغاز المستعمل في تدفئة البيوت وفي المطابخ ؟ إذا نظرنا حولنا في محاولة للإجابة على هذه الأسئلة فإننا لن نجد أفضل من ا لهيدروجين.

إن للهيدورجين كوقود مزايا عديدة بالمقارنة بمزايا أنواع الوقود المتوفرة ومصادر الطاقة البديلة التي تحدثنا عنها، فالهيدروجين مثلا يحتوي على اكبر كمية من الطاقة في وحدة الوزن مقارنة بالمحروقات الأخرى. فالقيمة الحرارية في كيلو غرام واحد من البنزين تبلغ 47200 كيلو جول، بينما في الديزل تبلغ 45800 كيلو جول أما كيلو غرام واحد من الهيدروجين فانه يحتوي على 142000 كيلو جول، أي ما يعادل اكثر من ثلاثة أمثال القيمة الحرارية لأي من البنزين أو الديزل، غير أن الوضع يختلف حين نتحدث عن القيمة الحرارية في الأحجام، فكمية الحرارة في حجم معين من الهيدروجين تعادل أقل من ثلث كمية الحرارة في ذات الحجم من البنزين أو الديزل، لكن هذه العقبة ليست بالأمر الخطير بل يمكن معالجتها كما سنرى لاحقا.

من بين مزايا أنواع الوقود المستعملة الحالية أنه يمكن نقلها بوسائل مختلفة سواء في صهاريج أو خطوط أنابيب مما يسهل إيصالها إلى المستهلكين ويجعل منها مادة مرغوبة للاستهلاك. والهيدروجين أيضا يمكن نقله سواء بشكل سائل أو غاز وسواء كان ذلك في صهاريج أو في خطوط أنابيب مما يجعله وقودا مقبولا ويجعل التعامل معه أمرا مرنا. إن خطوط الأنابيب التي تقوم حاليا بنقل الغاز يمكن استخدامها لنقل الهيدروجين دون أية مشكلات تذكر، ونتيجة لانخفاض كثافة الهيدروجين وانخفاض لزوجته فان بالإمكان نقل أحجام كبيرة من الهيدروجين اكبر مما يمكن نقله حاليا من الغاز مما يعوض في النهاية عن انخفاض القيمة الحرارية في وحدة الحجم من الهيدروجين مقارنة بالقيمة الحرارية لنفس وحدة الحجم من الغاز إن هذا يعني أن ضخ كمية من الطاقة بشكل هيدروجين لن يكلفنا من الضاغطات وما تستهلكه من طاقة اكثر مما يكلفنا الأمر مع الغاز.

يتميز الوقود المستعمل حاليا بأنه سهل الخزن، إذ أن كل ما يتطلبه الأمر هو بناء خزانات محكمة وضخ الوقود فيها والاحتفاظ به لأية فترة زمانية نرغب بها، إضافة إلى ذلك فان خزن الوقود ولو لفترات طويلة لا

يؤثر على خصائصه ولا يغير فيها شيئا، وهكذا الحال أيضا مع الهيدروجين فان بالإمكان خزنه في صهاريج أو خزانات لفترات طويلة واستعماله عند الحاجة وبالمقادير المطلوبة دون أن يؤثر ذلك على خصائصه. إن خاصة الخزن للوقود أو لمصدر الطاقة أمر جد مهم إذ أنه يمنحنا القدرة على استعمال هذا المصدر بالشكل الذي نرغب بحيث إننا نطوع مصدر الطاقة هذا لرغباتنا بدل أن نضطر للتأقلم مع التقييدات التي يفرضها مصدر طاقة لا يمكن خزنه.

إن الخاصتين السابقتين تضعان الهيدروجين في موقع المنافس لأنواع الوقود المستعملة حاليا وتمنحه في ذات الوقت مزايا بالنسبة لمصادر الطاقة البديلة كالشمس والهواء وغيرهما، فالطاقة الشمسية لا يمكن نقلها من مكان إلى آخر بل إنها تسقط بشكل موجات كهر ومغناطيسية وعلينا أن نذهب إلى حيث تسقط الأشعة للاستفادة منها، وكذلك الحال مع طاقة الهواء أو الرياح فان استغلالها يفرض علينا أن نذهب إلى حيث تتوفر ولا يمكننا نقلها من مكان إلى آخر اللهم إلا إذا قمنا بتحويلها إلى شكل آخر من الطاقة كالكهرباء التي قد نستخدمها لإنتاج الهيدروجين، أما بالنسبة لمسألة الخزن فان بالإمكان خزن الطاقة الشمسية بشكل طاقة حرارية لتسخين المياه أو تسخين الصخور، غير أن خزن كميات كبيرة من الطاقة بهذا الشكل يحتاج إلى خزانات جد كبيره من الماء أو الصخور والى ذلك فانه لا يمكن رفع درجة حرارة الخزان إلى درجات عالية.

إن خاصية الهيدروجين في كونه قابلا للنقل والخزن يجعله وقودا مرنا بمعنى انه مادام هناك مخزون كاف فان بالإمكان استخدام الكميات المطلوبة وبالشكل المطلوب. أن هذا يمنح الهيدروجين صفة التوفر بشكل دائم بعكس ما تتميز به بعض مصادر الطاقة البديلة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر» فالمعروف أن هذه المصادر من الطاقة البديلة لا تتوفر بشكل دائم بل إنها تتوفر أحيانا وتختفي أحيانا أخرى، فالشمس تتوفر أثناء النهار إذا كان الجو صحوا، وطاقة الرياح تتوفر إن كان هناك رياح ذات سرعات معقولة، لكن ورغم التوفر الجزئي لمصادر الطاقة هذه فإنها أثناء توفرها لا تمتلك نفس المعدلات من الطاقة بل إنها تتغير زمانيا، فكمية الطاقة الشمسية المتوفرة أثناء الظهيرة أعلى منها في الصباح أو

عند الغروب، وكنا قد رأينا حين الحديث عن طاقة الرياح أن الطاقة المتوفرة تتناسب مع مكعب السرعة، التي تتغير بشكل مستمر، وهذه الخصائص تجعل من الهيدروجين وسيطا جيدا لتحويل هذه المصادر من الطاقة إلى مصدر جديد يمتاز بإمكان النقل والخزن وبالتالي تعدد الاستعمالات وإمكان تحقيقها في أي وقت نشاء.

إن أنواع الوقود المتوفرة حاليا، برغم مزاياها التي ذكرنا، تتميز بخاصتين سلبيتين: الأولى أن مصادر الوقود ليست دائمة ولا متجددة بل هي موجودة بكميات محدودة لن تلبث أن تنتهي تماما أو يصبح استغلالها أمرا غاية في الصعوبة الفنية وغالي التكاليف، إن هذه الخاصة بحد ذاتها كافية لأن تجعلنا نبحث عن بديل لمواجهة ما يمكن أن ينشا مستقبلا في حال نضوب مصادر الوقود، أما الخاصة الثانية فهي أن عملية حرق الوقود تؤدي إلى إنتاج بعض المواد السامة وذات الآثار التلويثية، فاحتراق الوقود يؤدي إلى إنتاج أول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكبريت ناهيك عن ثاني أوكسيد الكربون، والمعروف أن هذه الغازات سامة أو ضارة وان ارتفاع نسبتها في الجو ذو نتائج سلبية.

لكن حين نتكلم عن الهيدروجين فإننا نتكلم عن مصدر دائم ومتجدد، وصحيح أن الهيدروجين لا يوجد بشكل خالص في الطبيعة إلا بكميات ضئيلة، لكنه موجود بكثرة واكثر من أي عنصر آخر لكن بشكل مركبات، أي أن الهيدروجين يوجد متحدا مع عناصر أخرى، وأهم المركبات التي يوجد فيها الهيدروجين هو الماء. فكل جزيء من الماء يحتوي على ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأوكسجين، ولسنا في حاجة إلى الإشارة إلى الكميات الضخمة من مياه البحار والمحيطات وبالتالي إلى الكميات الضخمة من الهيدروجين الموجودة في الطبيعة، غير أنه من أجل الحصول الهيدروجين لابد من استخلاصه في البداية من مصادره وتحديدا من الماء. ولكن عملية الاستخلاص هذه تحتاج إلى مصدر أولي للطاقة سواء كانت طاقة حرارية أو كهربائية أو ضوئية. من هنا نصل إلى النتيجة بأن الهيدروجين ليس مصدرا أوليا للطاقة وإنما هو وسيط فقط، أي أننا نقوم بتحويل المصدر الأولي للطاقة إلى هيدروجين نستفيد منه ثم من قيمته الحرارية.

وحين يحترق الهيدروجين فانه يتحد مع الأوكسجين ويكون الناتج بخار

ماء ليس إلا. بذلك فان الهيدروجين الذي يستخلص من الماء يحترق ويعطي ما يحتويه من طاقة ليتحول بعد ذلك إلى ماء، أي أنه يعود إلى حالته الأولى. بهذا فان حرق الهيدروجين لا يؤدي إلى إفنائه بل إلى الاحتفاظ به بصورته الأصلية، ونتيجة لعملية الاحتراق هذه التي ينتج عنها الماء فان الآثار التلويثية للهيدروجين تكون في العادة معدومة، إن هذه الخصائص تعطي الهيدروجين فضلا على غيره من أنواع الوقود.

ويمتاز لهب الهيدروجين بكونه سريع الانتشار وذا درجة حرارة عالية، وبالنسبة للخاصة الأولى فان هذا يعني أن لهب الهيدروجين ينتقل بسرعة كبيرة مما يقلل من أخطار الحرائق، كذلك ينتشر الهيدروجين في الجو بسرعة كبيرة مما يقلل من نسبة تركيزه فيما لو انفجر خزان من الهيدروجين مما يقلل أيضا إمكان نشوب الحرائق، أما ارتفاع درجة حرارة لهب الهيدروجين فان هذا يمنحه إمكان الاستعمال في العمليات الصناعية التي تتطلب درجات حرارة عالية بما فيها عمليات اللحام.

والهيدروجين مثل الغاز الطبيعي لا رائحة له، ولذلك فانه في حالة انتشار استعماله فمن الضروري إضافة بعض الروائح إليه حتى يصبح بالإمكان معرفة ما إذا كان هناك أي تسرب من خزان الهيدروجين مثلا، كذلك فان لهب الهيدروجين النقي لا لون له ولابد والحالة هذه من إضافة بعض المواد التي تعطي لهب الهيدروجين لونا حتى يمكن معرفة أنه يشتعل، لن هذه الأمور ليست إلا إجراءات للسلامة ولجعل استعمال الهيدروجين أمرا مأمونا.

الهيدروجين إذن وقود جد ملائم لاحتياجاتنا. لكنه كما ذكرنا ليس مصدرا أوليا للطاقة بل هو وسيط، حيث إن إنتاجه يتطلب توفر مصادر أولية، والآن كيف يمكن إنتاج الهيدروجين ؟

طرق إنتاج الهيدروجين:

ا- التحليل الكهربائي:

تعتمد هذه الطريقة على امرار تيار كهربائي في الماء فيتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية، الأوكسجين والهيدروجين. تصل كفاءة هذه الطريقة إلى 80٪، لكن حين نأخذ في الاعتبار كفاءة تحويل الطاقة الأولية إلى كهرباء ثم

إلى هيدروجين فان الكفاءة العامة، أي كفاءة التحويل من مصدر الطاقة الأولية حتى إنتاج الهيدروجين لا تزيد عن 30٪.

إن تكلفة إنتاج الهيدروجين بواسطة التحليل الكهربائي أعلى من تكلفة إنتاجه من الغاز الطبيعي، ومن أجل التغلب على هذه العقبة الاقتصادية فقد طرحت اقتراحات بأن يتم إنتاج الهيدروجين من الطاقة الكهربائية الزائدة في محطات توليد الطاقة الأولية، والمقصود بالطاقة الزائدة الفارق بين الطاقة المنتجة في محطة توليد الكهرباء في لحظة وبين الاستهلاك، إذ بدل أن يضيع هذا الفارق سدى فإن بالإمكان استخدامه لإنتاج الهيدروجين الذي يستعمل من ثم في العديد من المجالات الملائمة.

سبق أن قلنا إن الهيدروجين طاقة وسيطة ولذلك فلابد من توفر مصدر طاقة أولية حتى يمكن إنتاجه. لذا فان التفكير بإنتاج الهيدروجين من خلال توليد الطاقة الكهربائية بواسطة استعمال مصادر الطاقة الحالية من فحم وبترول وغاز ليست بالطريقة المثلى، إضافة إلى محدودية المصادر الحالية للطاقة ومن أجل التغلب على هذه العقبة فان الجهود تتجه في إنتاج الهيدروجين بالاعتماد على مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة كمصادر أولية، ومن بين المصادر المؤهلة لأن تستخدم لتوليد الكهرباء، ومن ثم إنتاج الهيدروجين نشير إلى الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية في البحار والمحيطات، أن هذه المصادر تتمتع بخصائص تجعلها ملائمة لإنتاج الهيدروجين فالشمس والهواء كمصادر للطاقة تتميز بكونها لا تتوفر بمقادير ثابتة طوال الوقت بل تتغير باستمرار ولابد من اللجوء إلى خزنها إن أردنا الاستفادة منها في الأوقات التي لا تتوفر فيها، أما بالنسبة للطاقة الحرارية في البحار والمحيطات فإنها تتوفر في مناطق تبعد عشرات أو مئات الأميال عن مراكز الاستهلاك، ولذلك فان تحويلها إلى هيدروجين يبدو حلا معقولا ومقبولا.

2- التحلل الحراري:

المقصود بالتحلل الحراري هو تحويل الماء إلى بخار ومن ثم رفع درجة حرارته إلى 2500 درجة مئوية حيث يتحلل الماء إلى الأوكسجين والهيدروجين. إن هذه الطريقة رغم كونها تحويلا مباشرا للطاقة الحرارية إلى هيدروجين إلا أنها ليست مدرجة على جدول أعمال أية شركة صناعية أو مركز أبحاث،

ومن بين الصعوبات التي تواجه هذه الطريقة مشكلة صناعة الأجهزة التي تتحمل درجات الحرارة العالية المطلوبة، وكذلك هناك مشكلة فصل الأوكسجين عن الهيدروجين بعد التحلل، وحتى لو تم التغلب على هذه الصعوبات فستبقى هناك صعوبات الوصول إلى درجة الحرارة العالية المطلوبة اعتمادا على المصادر الطبيعية أو حتى على المفاعلات النووية، ففي المفاعلات النووية لا ترتفع درجة حرارة الماء أو الهواء المستعمل لنقل حرارة التفاعل النووي إلى اكثر من 800 درجة مئوية، أما اللجوء إلى الطاقة الشمسية من أجل الوصول إلى درجة حرارة تساوي 2500 درجة مئوية فهو ليس بالأمر الممكن ضمن المعطيات الحالية.

3- العمليات الكيميا-حرارية:

تتبع هذه الطريقة للتغلب على درجات الحرارة العالية المطلوبة في عملية التحلل الحراري، وتقوم هذه الطريقة على إنتاج الهيدروجين بواسطة تفاعل الماء مع بعض المركبات الكيماوية، وبعد سلسلة من هذه التفاعلات يتحول الماء إلى أوكسجين وهيدروجين وتعود المركبات الكيماوية إلى حالتها الأصلية، وهناك العديد من المركبات الكيماوية التي يمكن استخدامها في سلسلة التفاعلات لإنتاج الهيدروجين، غير أن إحدى العقبات أمام هذه العملية هي درجة الحرارة العالية نسبيا المطلوبة والتي تصل إلى حوالي 800 درجة مئوية، إن الوصول إلى درجة الحرارة العالية هذه ليس بالأمر السهل فكما ذكرنا سابقا فإن النواقل الحرارية في المفاعلات النووية لا ترتفع درجة حرارتها إلى اكثر من 800 درجة مئوية في الوقت الذي إذا أردنا إجراء تفاعل على درجة حرارة تساوي 800 درجة مئوية فان مصدر الحرارة الذي سيقوم بتزويدها على هذه الدرجة لابد أن يكون على درجة حرارة أعلى. أدت البحوث التي أجريت في مجال العمليات الكيمياحرارية إلى الوصول إلى بعض المركبات التي تحتاج لدرجة حرارة تساوي 650 درجة مئوية لإجراء التفاعلات المطلوبة، وتقوم هذه الطريقة على مفاعلة كلوريد الحديدوز ($FeCl_2$)مع بخار الماء. ينتج من هذا التفاعل أوكسيد الحديديك (Fe_3O_4) وحامض الهيدروكلوريك والهيدروجين، ولكن رغم إنتاج الهيدروجين في هذا التفاعل إلا أن سلسلة التفاعلات لم تنته ولابد من استخلاص كلوريد الحديد مرة أخرى، ولذلك فلابد من إكمال سلسلة التفاعلات.

الحلقة الثانية في سلسلة التفاعلات هي إضافة الكلور إلى أوكسيد الحديد (FeO3) وحامض الهيدروكلوريك ينتج منه كلوريد الحديديك (Fe Cl3)والماء والأوكسجين، ونلاحظ أن كلوريد الحديد الناتج في الحلقة الثانية يختلف عن كلوريد الحديدوز الذي دخل في بداية الحلقة الأولى في أنه يحتوي على ثلاث ذرات كلور بدل ذرتين، والحلقة الثالثة في التفاعل تقوم على تحليل كلوريد الحديديك(Fe Cl1) وتحويله إلى كلوريد حديدوز(Fe Cl2)وكلور، و بذلك يكون الناتج النهائي لسلسلة التفاعلات هو تحويل الماء إلى هيدروجين وأوكسجين وإعادة استخلاص كلوريد الحديدوز بصورته الأولى(Fe Cl2)

4- التركيب الضوئي:

في عملية التركيب الضوئي تقوم أوراق النباتات بامتصاص الفوتونات من الضوء وطاقة هذه الفوتونات تحلل الماء إلى أوكسجين وهيدروجين. بعد ذلك يحصل تفاعل بين ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين لإنتاج المواد الكربوهيدراتية وإطلاق الأوكسجين إلى الجو، إن عملية التفاعل هذه معروفة جيدا، وهي التي تؤدي إلى خلق حالة من التوازن في مكونات الغلاف الجوي، ومن الواضح أن عملية التركيب الضوئي هذا لا تؤدي إلى إنتاج الهيدروجين، لكن هناك عمليات تركيب ضوئي أخرى تؤدي إلى إنتاج الهيدروجين، إذ أن بعض الطحالب التي تنمو في المياه تقوم أيضا بامتصاص الضوء وبعد سلسلة من التفاعلات تقوم بإطلاق الهيدروجين.

ها نحن إذن أمام طريقة لإنتاج الهيدروجين دون اللجوء إلى الأساليب المعقدة ودرجات الحرارة العالية، إذ لا يحتاج الأمر إلا إلى زرع مساحات واسعة من الطحالب وتجميع الهيدروجين، إلا أن هذه الطريقة لها مشكلاتها الخاصة التي تختلف عن المشكلات السابقة. ففي البداية تبلغ كفاءة هذه الطريقة حوالي 1-2٪ فقط في الأجواء الطبيعية رغم أنه في بعض التجارب المختبرية وصلت الكفاءة إلى حوالي 9٪. أما المشكلة الثانية فتنبع من انخفاض الكفاءة الأمر الذي يعني أن إنتاج كميات كبيرة من الهيدروجين سيتطلب مساحات واسعة جدا من الطحالب. لكن برغم هذه المشكلات فان هذه الطريقة تمنح الكثير من الفوائد الإيجابية إذ أنها تعتمد على الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة ولا تبدو هناك أية آثار تلويثية، إن هذه الطريقة في إنتاج الهيدروجين ستصبح اكثر ملاءمة وقبولا فيما لو تمكنت الأبحاث

العلمية الجارية في هذا المجال من رفع كفاءة العملية إذ ستصبح عندها في وضع ينافس تطبيقات الطاقة الشمسية الأخرى وبخاصة تطبيقات إنتاج الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الشمسية التي لا تزيد كفاءتها حاليا عن 10- 12٪.

5- العمليات الفوتوكيماوية:

تقوم هذه العملية على إنتاج مصدر من الفوتونات فوق البنفسجية حيث يقوم الماء بامتصاصها ويتحلل إلى أوكسجين وهيدروجين. إن الصعوبة التي تواجه هذه الطريقة هي إنتاج مصدر الفوتونات، وقد تم طرح فكرة استخدام المفاعلات النووية التي تعمل على أسس الاندماج النووي لإنتاج مصدر الفوتونات. غير أن هذه العملية ما زالت بعيدة عن التنفيذ بسبب عدم وجود مثل هذه المفاعلات النووية. وهناك مشكلة أخرى في هذه العملية وهي ضرورة القيام بفصل الهيدروجين عن الأوكسجين للاستفادة من كليهما على انفراد.

استعمالات الهيدروجين:

الهيدروجين وقود ملائم للحلول محل أنواع الوقود المتوفرة حاليا، وبالإمكان إحلاله محلها في كافة المجالات، وبالإضافة إلى هذا فإن الهيدروجين يدخل في العديد من العمليات الصناعية حيث يشكل جزءا من المنتجات النهائية في العديد من الصناعات الكيماوية وغيرها. فمن ضمن مجالات استخدام الهيدروجين نشير إلى التالي:

1- الاستعمالات الحرارية في البيوت:

يمكن استخدام الهيدروجين بدل الغاز المستعمل في المطابخ، وكما ذكرنا سابقا فان شبكات توزيع الغاز المتوفرة حاليا في بعض الدول تصلح لنقل الهيدروجين بدل الغاز، «كذلك يمكن تعبئة الهيدروجين في اسطوانات الغاز الحالية وبيعه للمستهلكين بنفس الأسلوب. يمكن استعمال الهيدروجين أيضا كوقود لتسخين المياه أو لتدفئة المنازل، وفي هذا المجال يتفوق الهيدروجين بفائدة جد مهمة على غيره من الوقود. فالهيدروجين حين يحترق ينتج بخار الماء ولا ينتج أية غازات سامة تلوث البيئة، وعليه فان بالإمكان حرق الهيدروجين في مواقد مغلقة دون الحاجة إلى مداخن مما

يؤدي إلى تسرب كميات كبيرة من الحرارة مع الغاز المنبعث وخلال عمليات انتقال الحرارة المختلفة، وتصل هذه النسبة في بعض المواقد إلى حوالي 30٪ من القيمة الحرارية للوقود المستعمل، إن استعمال الهيدروجين سيؤدي إلى الاستفادة من مجمل الطاقة الحرارية الكامنة فيه وسيرفع من كفاءة عملية الاحتراق.

2- وسائط النقل:

الهيدروجين هو وريث أنواع المحروقات المختلفة المستعملة في وسائط النقل المتنوعة، فهو بحكم قابليته للنقل والخزن وتوليد درجات الحرارة العالية يعتبر الوقود المستقبلي لوسائط النقل، واستعمال الهيدروجين لتسيير السيارات مثلا لا يتطلب سوى تعديل نظام مزج الوقود مع الهواء (الكاربور يتر). كذلك فان الهيدروجين وقود ملائم للطائرات بحكم خفة وزنه وارتفاع قيمته الحرارية مقارنة بالوقود المستعمل حاليا، إن هذا سيؤدي إلى تخفيف الوزن الإجمالي للطائرة، لكنه من الجانب الآخر سيتطلب زيادة حجمها حيث إن القيمة الحرارية في وحدة الحجم من الهيدروجين أقل من مثيلتها في أنواع الوقود الأخرى.

3- صناعة الأسمدة الكيماوية:

يدخل الهيدروجين في صناعة الأمونيا التي تشكل جزءا أساسيا من صناعة الأسمدة الكيماوية. وفي صناعة الأسمدة الكيماوية في الوقت الحاضر يتم إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي، إن استعمال الهيدروجين في صناعة الأسمدة الكيماوية أمر في غاية الأهمية في العصر الحالي وفي المستقبل نظرا لتفاقم الأزمة الغذائية في العالم وحاجة العالم المتزايدة إلى الأسمدة الكيماوية.

4- توليد الطاقة الكهربائية:

إن بالإمكان استعمال الهيدروجين كوقود للتوربينات في محطات توليد الطاقة الكهربائية. وكذلك يمكن استعماله لتوليد الطاقة الكهربائية في خلايا الوقود.

خزن الهيدروجين:

إن استعمال الهيدروجين مستقبلا سيتطلب بالتأكيد توفر إمكانات خزنه

بأحجام مختلفة حسب الاستعمالات المتوقعة، فلو افترضنا أن الهيدروجين سيستعمل كوقود في السيارات فان ذلك يتطلب تعبئته في خزانات وقود السيارات، غير أن عملية الخزن هذه ستحتاج إلى خزانات ذات أحجام كبيرة بسبب قلة الطاقة في وحدة الحجم من الهيدروجين مقارنة بأنواع الرقود الأخرى، غير أن خزن الهيدروجين قد لا يشكل عقبة في تطبيقات أخرى كاستعماله للطبخ أو التدفئة.

على كل بالإمكان خزن الهيدروجين بشكل غاز أو سائل، غير أن هناك طريقة أخرى للخزن لها العديد من الفوائد ونقصد بها خزن الهيدروجين بشكل هيدريدات HYDRIDES ، والهيدريد هو عبارة عن مركب كيماوي يتكون من الهيدروجين وأحد المعادن التي تمتلك خاصة امتصاص الهيدروجين كالمغنيسيوم ومزيج النيكل والتيتانيوم أو الحديد والتيتانيوم وغيرها، فالمغنيسيوم مثلا باستطاعته امتصاص كمية من الهيدروجين يبلغ حجمها اكبر من حجم المغنيسيوم نفسه بأكثر من ألف مرة، إن خزن الهيدروجين بشكل هيدريد يؤدي إلى التغلب على صعوبات خزنه بشكل غاز أو سائل إذ أنه سيؤدي إلى تقليل أحجام الخزانات المطلوبة.

وحين يتم امتصاص الهيدروجين بواسطة أحد المعادن أو مزيج منها فان ذلك يؤدي إلى إطلاق كمية من الحرارة تعتمد على المعدن وعلى ظروف التجربة وبخاصة الضغط الذي تجري تحته العملية، وفي حالة الحاجة إلى الهيدروجين فان استخلاصه من الهيدريد يحتاج إلى أن نقوم بتعريض كمية الحرارة التي انبعثت في المقام الأول، ولذا فان امتصاص الهيدروجين واستخلاصه تتضمن عمليات شحن وتفريغ حراري، وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن الهيدريدات المختلفة تعمل على درجات حرارة مختلفة بمعنى أنها تمتص وتطلق الهيدروجين على درجات حرارة مختلفة، فإننا نجد أنفسنا أمام مصادر حرارية على درجات حرارة عالية يمكن تجميعها أو التوفيق بينها للاستفادة من هذه الخاصة، لنضع عمليات تكون الهيدريدات وتحللها بشكل معادلات كتابية:

هيدروجين + **مادة هيدريدية** = **هيدريد** + **حرارة**

هيدريد + **حرارة** = **هيدروجين** + **مادة هيدريدية**

هناك العديد من التطبيقات التي يمكن تحقيقها بواسطة الحرارة المنبعثة

عند تكون الهيدريد أو الحرارة المطلوبة لتحلله. هناك مثلا إمكانية استخدام الحرارة الناتجة عن تكون الهيدريد في أعمال التدفئة أثناء الليل حين لا تتوفر هناك الطاقة الشمسية مثلا. أما أثناء النهار فان بالإمكان استخدام الطاقة الشمسية لتحلل الهيدريد إلى مكوناته الأولية، إن خاصة الشحن والتفريغ الحراري حين تكوين وتحلل الهيدريد تعني أنه بالإمكان استخدام الهيدريدات كخزانات حرارية والاستفادة من الحرارة الضائعة ذات درجات الحرارة المنخفضة نسبيا في العديد من الأنظمة الحرارية.

ولنفترض أن الهيدروجين سيستعمل كوقود في سيارات المستقبل، في هذه الحالة يكون من الأفضل حمل الهيدروجين بشكل هيدريد لتحقيق غرض توفير كمية كبيرة من الهيدروجين ولتحاشي أية أخطار محتملة كاحتراق الهيدروجين في حالة حدوث تصادم مثلا، ولكن من أجل استخلاص الهيدروجين من الهيدريد فإننا نحتاج إلى حرارة، إن بالإمكان في هذه الحالة الاستفادة من حرارة العادم الناتج من حرق الهيدروجين في محرك السيارة.

هناك تطبيقات أخرى عديدة للهيدريدات مثل توليد الطاقة الكهربائية أو خزنها بشكل هيدروجين يعاد استعماله في الخلايا الوقودية، وكذلك في عمليات التبريد والتدفئة.

ويمكننا أن نخلص إلى أن الهيدروجين وسيط جيد لتحويل مصادر الطاقة الطبيعية إلى أشكال أخرى من الطاقة، وهو يتمتع بمزايا كثيرة على أنواع الوقود المختلفة المستعملة حاليا وعلى المصادر الطبيعية نفسها، لكننا حين نذكر هذا فانه لا يغيب عن بالنا ضرورة استعمال الهيدروجين في المجالات الأكثر ملاءمة. فكما رأينا فان إنتاج الهيدروجين يحتاج إلى درجات حرارة عالية سواء كان ذلك في العمليات الكيمياحرارية أو في محطات توليد الطاقة الكهربائية سواء كانت تعمل على الوقود النووي أو على الطاقة الشمسية. من هنا فإننا لا نحبذ فكرة استخدام الهيدروجين كوقود للتدفئة مثلا إذا كان بالإمكان استخدام الطاقة الشمسية مباشرة لأن التدفئة تتم في العادة على درجات حرارة منخفضة.

وينطبق نفس الأمر على تطبيقات أخرى كتسخين المياه والتبريد إذ لا تتطلب هذه التطبيقات سوى توفر مصدر حراري على درجة حرارة أقل من

100 درجة مئوية، وبالتالي فانه من الأفضل اللجوء إلى المصادر الطبيعية مباشرة لتقوم بمثل هذه المهمات بدل تبذير الهيدروجين، إن الواجب يقتضي أن لا نكرر نفس الأخطاء التي اقترفناها في التعامل مع مصادر الوقود الحالية من فحم وبترول وغاز حيث يجرى تبذير الكثير منا في تطبيقات يمكننا تحقيقها دون تبذير.

ومن المفارقات اللطيفة في مجال استخدام الهيدروجين أن الكاتب الفرنسي جول فيرن، وهو كاتب لقصص الخيال العلمي، قد أشار قبل اكثر من قرن إلى الهيدروجين كمصدر للطاقة في حال استنزاف مصادر الفحم في العالم وبالطبع لم يكن البترول قد اكتشف بعد ولم يشع استعماله، قال فيرن في قصة «الجزيرة الغامضة»:

«وما الذي سيحرقه الناس حين لا يتبقى هناك فحم ؟ الماء، نعم، أيها الأصدقاء، أعتقد أن الماء سيستخدم يوما ما كوقود، وأن الهيدروجين والأوكسجين سيزوداننا بمصدر لا يستنزف من الحرارة والضوء».

7 الطاقة الشمسية

مقدمة:

الشمس هي مصدر طاقة حياة الأرض إذ لولاها لما وجدت الحياة بشكلها الحالي على سطح كوكبنا، وقد أدرك الإنسان منذ القدم أهمية الشمس في حياته فلم يدخر وسعا طوال تاريخه في أن يدرس حركتها وأن يعمل باستمرار على كشف المزيد والمزيد من الحقائق المحيطة بها.

ونتيجة لتأثير الشمس الكبير على حياة البشر فان الاهتمام بها وصل إلى حد أنها شكلت جزءا من معتقدات بعض الأمم التي أسبغت عليها طابعا دينيا .وتتضح أهمية الشمس في معتقدات الأمم فيما لو نظرنا إلى تراثها الماضي، إذ قلما وجدت أمة في التاريخ لم تعط للشمس مكانة متميزة كالأمم المختلفة التي سكنت وادي النيل وحوض الرافدين ومن بعدهم اليونان والرومان، ونقرأ في القرآن الكريم قصة إبراهيم عليه السلام وكيف أنه عبد الشمس قبل أن يهتدي إلى عبادة الخالق تعالى، كما نقرأ في قصة يوسف عليه السلام كيف رأى الشمس والكواكب له ساجدين.

لم تكن هذه الأهمية الكبيرة التي أسبغت على الشمس عبثا بل نتيجة لإحساس الإنسان وإدراكه

بان الشمس مسؤولة عن الكثير من الظواهر التي تؤثر في حياته ومعيشته، فالليل والنهار واختلاف فصول السنة وتغير أحوال الطقس كلها أمور مرتبطة بالشمس بشكل وثيق وتؤثر في ذات الوقت على وجود الإنسان ونمط حياته، ولذلك فقد حاول الإنسان منذ فجر الحضارة أن يرصد حركة الشمس وأن يحسب طول السنة الشمسية وأن يعرف الفصول المختلفة وتأثيرها على حياته.

ولربما كانت قصة أرخميدس المشهورة والمتعلقة باستعماله للمرايا لتركيز أشعة الشمس على الأسطول الروماني وإحراقه قرب مدينة سيراكوس في عام 212 ق.م من أولى الإشارات التي تدل على استعمال الإنسان للطاقة الشمسية بطريقة علمية وبناء على دراسة ومعرفة بخصائص الإشعاع الشمسي والمرايا العاكسة في ذات الوقت. وتقول بعض المصادر بأن أرخميدس وضع كتابا حول المرايا المحرقة غير أنه لم يبق منه نسخة لتثبت صحة ذلك، لكن إذا كان أرخميدس قد أدرك إمكانية استعمال الأشعة الشمسية لإحراق أسطول بحري فان إدراك الإنسان ومعرفته بتغير موقع الشمس وما يصاحبه من تغير في زوايا سقوط الإشعاع الشمسي والنتائج المترتبة على ذلك يعود على الأقل إلى قرنين من الزمن قبل أرخميدس. فقد قال الفيلسوف اليوناني سقراط في حوالي العام 400 قبل الميلاد «تدخل أشعة الشمس إلى رواق البيوت ذات الواجهات الجنوبية في الشتاء، أما في الصيف فان مسار أشعة الشمس يكون عموديا فوق الرأس وفوق الأسقف مما يؤدي إلى تكون الظلال». والواقع أن هذه الفكرة تشكل إحدى الزوايا الرئيسية فيما يعرف بالاستخدام السلبي للطاقة الشمسية الذي يقوم على أساس تصميم البيوت بشكل يتلاءم مع تغير مسار الإشعاع الشمسي وزوايا سقوطه ما بين الصيف والشتاء بحيث يمكن الاستفادة منه في الفصل البارد لتدفئة المباني وحجبه في الفصل الحار لتقليل آثاره الحرارية.

وعلى كل حال استمرت قصة أرخميدس موضع جدل بين العلماء نظرا لأن الأسانيد التاريخية لم تتفق جميعها على صحة الرواية، إذ أن بعض المصادر قد أشارت إليها بينما لم يرد ذكرها في مصادر أخرى، كذلك لم تذكر المصادر التاريخية حصول أي تقدم في استخدام الطاقة الشمسية حتى عصر النهضة الأوروبية باستثناء ما ذكر من أن أحد العلماء الرومان

قد حاول إعادة تجربة أرخميدس أثناء حصار لمدينة القسطنطينية، أما الفترة التي ازدهرت بها الحضارة العربية الإسلامية والتي شهدت تطورا في الكثير من العلوم فانه لا يوجد من الدلائل ما يشير إلى حصول تطور مماثل في مجال الطاقة الشمسية، لكننا مع ذلك نميل إلى الاعتقاد بأن كمية كبيرة من المعلومات عن الشمس وحركتها وآثارها كانت متوفرة لدى العلماء العرب والمسلمين، وليس أدل على ذلك من أن تحديد أوقات الصلاة مرتبطة بحركة الشمس كصلاة الظهر والعصر وكذلك معرفة طول يوم الصيام، ثم لو نظرنا إلى التراث المعماري العربي الإسلامي ونظرنا إلى خصائصه لوجدنا أنه كان متناغما مع البيئة الطبيعية السائدة ومع تغير سقوط الإشعاع الشمسي وشدته، الأمر الذي يدل على توفر معرفة واسعة بحركة الشمس وآثارها.

عاد الاهتمام بالطاقة الشمسية مرة أخرى في أوائل القرن السابع عشر في أوروبا، فقد قام اتانا سيوس كيرش بتجارب لإيقاد كومة من الخشب بواسطة استعمال المرايا الزجاجية وذلك في محاولة لإثبات صحة قصة أرخميدس[1]. وقد ذكر أيضا أن العالم سالومون دي كوقام بصنع محرك يعمل على الطاقة الشمسية إذ قام بتركيز الأشعة الشمسية على إناء محكم مملوء جزئيا بالماء، وبفعل تأثير أشعة الشمس يتمدد الهواء ويدفع الماء إلى الخارج على شكل نافورة. غير أن السمة العامة لمعظم التجارب والمحاولات التي جرت في القرن السابع عشر كانت تتركز حول استخدام المرايا لتركيز أشعة الشمس واستعمال الحرارة الناتجة في صهر المعادن، ومن بين هذه التجارب جرت محاولات لصهر الألماس والسيراميك والحديد والنحاس والقصدير وغيرها. وهنا نذكر أنه مازالت فكرة استعمال المرايا العاكسة والمركزة لأشعة الشمس قيد الاستعمال في وقتنا الحاضر وتعرف باسم الفرن الشمسي، ويوجد في منطقة أودييو في فرنسا مصنع لصهر المعادن يعتمد على ذات الفكرة ويستعمل المرايا العاكسة.

في القرن الثامن عشر استمر الاهتمام باستخدام الطاقة الشمسية واستمر التركيز على موضوع الأفران الشمسية، وقد قام العالم الفرنسي بوفون بإنشاء فرن يتألف من 360 مرآة صغيرة تقوم جميعها بتركيز أشعة

---

(1) قبيسي،د. حافظ، الطاقة الشمسية، معهد الإنماء العربي، بيروت، لبنان، 1978، ص19- 51.

الشمس نحو بؤرة واحدة، وقام بعد ذلك بعرض فرن أصغر من السابق يتألف من 160 مرآة استطاع بواسطته حرق كوم من الخشب على بعد 60 مترا، وقد استنتج بوفون من تجربته بان هناك احتمالا كبيرا في كون قصة أرخميدس صحيحة، وجرت محاولات أخرى من قبل علماء آخرين لصنع أفران شمسية واستعمالها في الطبخ، وفي عام 1747 قام الفلكي الفرنسي كاسيني بصنع عدسة بلغ قطرها 112 سم تمكن بواسطتها من الحصول على درجة حرارة تبلغ 1000 درجة مئوية وهي كافية لصهر الحديد، أما الكيميائي لافوازيه فقد صنع فرنا شمسيا تمكن بواسطته من الحصول على درجة حرارة تبلغ 1760 درجة مئوية.

أما القرن التاسع عشر فقد شهد حصول تطورات جديدة في تكنولوجيا استخدام الطاقة الشمسية، إذ رغم استمرار الاهتمام بموضوع الأفران الشمسية ونجاح العلماء في تقديم تصاميم مختلفة منها لأغراض الطبخ أو صهر المعادن فقد ظهرت أفكار جديدة تختلف عما اعتاد عليه علماء الفترة السابقة، فقد قام العالمان الألمانيان بصنع فرن شمسي مفرغ من الهواء، وتكمن أهمية هذا التطوير الجديد في أن أشعة الشمس تنتقل في الفراغ وأما انتقال الحرارة بالحمل والتوصيل فانه يحتاج إلى وسط مادي. وبذلك فان هذا الفرن المفرغ يسمح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى داخله بينما يمنع الحرارة من الانتقال إلى الخارج وذلك بسبب غياب الوسط المادي. وتستعمل تكنولوجيا الأنابيب المفرغة من الهواء في عصرنا الحاضر لصنع المجمعات الشمسية ذات الكفاءة العالية نظرا لان فقدانها للحرارة قليل جدا، أما التطور الآخر الذي شهده القرن التاسع عشر فقد تمثل في التجارب الأولى لصنع محرك بخاري يعمل بالطاقة الشمسية لتسيير الآلات، ومن بين رواد هذه التجارب العالم أوفست موشو الذي قام بصنع آلات بخارية تسير بالطاقة الشمسية، غير أن التكلفة الاقتصادية العالية لهذه المحركات وضعت حدا أمام انتشارها، وقام موشو بإجراء تطويرات على آلته البخارية واستطاع تطوير آلة تعطي ما يعادل 1,5 كيلو واط غير أن كفاءتها كانت قليلة ولا تتعدى 3٪. وبعد ذلك قام بيفر بصنع آلات بخارية شمسية أخرى كانت إحداها تقوم بتشغيل آلة طابعة.

وفي الربع الأخير من القرن التاسع عشر قام جون أر يكسون من الولايات

المتحدة الأمريكية بصنع آلات بخارية شمسية، ومن التطويرات التي أدخلها بناء مجمع شمسي يدور حول محور عمودي لمتابعة حركة الشمس، ومن الجدير بالذكر أن أسلوب متابعة حركة الشمس شائع الاستعمال في يومنا وبخاصة في المجمعات الشمسية المركزة والتي تستفيد من الإشعاع المباشر للشمس، وسنتطرق إلى هذا الموضوع بالتفصيل لاحقا، أما العالم الإنكليزي أدامس، الذي كان يعيش في الهند، فقد قام أيضا ببناء آلات بخارية شمسية، وقد تمكن من صنع مرجل شمسي تمكن بواسطته من تشغيل مضخة بقوة 2 كيلوواط.

لم تتوقف جهود العلماء في أواخر القرن التاسع عشر عند حدود بناء الآلات البخارية الشمسية بل أخذوا في البحث عن أساليب وتطبيقات جديدة، فقد تم إنشاء جهاز لتقطير الماء والحصول على المياه العذبة في مدينة لاس ساليناس في تشيلي، وكانت مساحة المقطر 4700 متر مربع وينتج 23 ألف ليتر من الماء العذب في الأيام المشمسة، أما التطور المهم الآخر الذي حصل فهو الفكرة التي طرحها وستون حول توليد الكهرباء مباشرة من الأشعة الشمسية وذلك باستعمال المزدوجات الحرارية Thermocouples، إذ حين يتعرض أحد طرفي المزدوج إلى نور الشمس فانه يسخن بينما يكون الطرف الأخر باردا مما يؤدي إلى توليد جهد كهربائي.

مع بداية القرن العشرين أخذ الاهتمام بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية يزداد انتشارا، ولم تكن طريقة المزدوجات الحرارية هي التي اتبعها علماء تلك الفترة بل إنهم أخذوا باستخدام السوائل التي تتبخر على درجات حرارة منخفضة نسبيا واستعمالها من ثم في توليد الكهرباء، وقد صاحب هذا الاهتمام حصول تطور في طبيعة المجمعات الشمسية فبعد أن كانت المرايا العاكسة هي الأسلوب الأكثر شيوعا لتجميع أشعة الشمس فتدخلت المجمعات المسطحة إلى حيز التطبيق، وتمتاز المجمعات المسطحة بأنها سهلة التصنيع وغير مكلفة ذلك أنها تتكون في الأساس من صفيحة معدنية تطلى باللون الأسود أو بطلاء كيماوي ذي خصائص ملائمة للاستخدامات الشمسية وتوضع الصفيحة داخل صندوق مغطى بطبقة أو اكثر من الزجاج، وقد استخدم الأمريكيان و يلزي وشومان المجمعات المسطحة في تجميع الطاقة الشمسية واستخدامها في تبخير السوائل

المتطايرة لتشغيل محطات توليد الطاقة الكهربائية التي كانت بشكل عام صغيرة الحجم ولا تتعدى قوتها عشرات قليلة من الكيلو واط. وقد قام شومان بالتعاون مع شركة أمريكية في عام 1912 ببناء اكبر مضخة شمسية في العالم آنذاك في منطقة المعادي في مصر. وبلغت قوة الطاقة الكهربائية الناتجة 37 الى45 كيلو واط، غير أن المحطة لم تعمل اكثر من عامين بسبب نشوب الحرب العالمية الأولى.

في ثلاثينات القرن الحالي أخذ العلماء يهتمون باستخدام الطاقة الشمسية لتلبية متطلبات البيوت والمساكن واحتياجاتها من المياه الساخنة وتدفئتها بالطاقة الشمسية، فقد شهد عقد الثلاثينات اتساع الاهتمام بالسخانات الشمسية في اليابان ذلك أن مصادر الطاقة في هذا البلد قليلة، ومما ساعد على انتشار هذه الظاهرة أن العالم شهد أزمة اقتصادية واسعة شملت معظم دوله في أوائل الثلاثينات. وأما الاتجاه الآخر فقد انصب على تدفئة البيوت بالطاقة الشمسية، فقد قام العالم السويسري هوتنجر ببعض التجارب في معهد التكنولوجيا في زيورخ، وتبعه بعد ذلك الأمريكي هوتل من معهد ماساشوستس في أمريكا، وتد بنيت الكثير من الآمال آنذاك حول مستقبل الطاقة الشمسية ومدى مساهمتها في تلبية الاحتياجات من المياه الساخنة وتدفئة المساكن، غير أن الحرب الثانية وضعت حدا لهذه الآمال ليتبعها بعد ذلك دخول العالم عصر النفط والطاقة الرخيصة مما أدى إلى تراجع أبحاث الطاقة الشمسية.

إن اتجاه علماء الثلاثينات نحو استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة وتسخين المياه يكتسب أهمية خاصة ذلك أن هذه التطبيقات تندرج تحت ما يعرف بالطاقة الحرارية ذات درجات الحرارة المنخفضة والتي لا تتجاوز 50 درجة مئوية، وهي من اكثر التطبيقات فعالية في جمال استخدام الطاقة الشمسية وأسهلها تكنولوجيا مما يجعل استعمالها شائعا بشكل واسع في ذات الوقت.

استمر الاهتمام بموضوع الطاقة في الخمسينات محصورا ضمن نطاق أكاديمي، ولكن برغم ذلك حصلت حادثتان كان لهما فيما بعد آثار واسعة في استخدام الطاقة الشمسية. ففي العام 1954 أعلنت شركة بيل للتلفونات عن إنتاجها للخلايا الشمسية التي تصنع من السيلكون وتقوم بتحويل الإشعاع

الشمسي إلى طاقة كهربائية بشكل مباشر،وأما الحادث الآخر فقد كان إعلان الاتحاد السوفيتي في عام 1958 عن إطلاقه أول قمر اصطناعي، الأمر الذي آثار ضجة في أمريكا حول احتمال تفوق الاتحاد السوفيتي تكنولوجيا وما يستتبعه ذلك من آثار، وتكمن أهمية الخلايا الشمسية في أبحاث الفضاء في أنها مصدر الطاقة الأساسي المستخدم في سفن الفضاء، هذا بالطبع إذا استثنينا تزويد المركبة الفضائية بمفاعل نووي، وقد أدى الحدث السوفيتي إلى زيادة الاهتمام بالخلايا الشمسية خاصة وأن مسائل التكلفة والجوانب الاقتصادية لم تكن ذات أهمية في هذا المجال، ومن جانب آخر فقد أدت رحلات الفضاء إلى إتاحة الفرصة أمام العلماء للقيام بدراسات واسعة وتفصيلية عن الإشعاع الشمسي مما زاد من كمية المعلومات الخاصة بالطاقة الشمسية.

وقد تركز معظم أبحاث الطاقة الشمسية بعد ذلك على توليد الطاقة الكهربائية بمختلف الطرق الممكنة، ويعود السبب في هذا إلى أن استعمال الكهرباء قد شاع بشكل واسع نظرا لان الطاقة الكهربائية تتميز بمرونتها الواسعة وبإمكان تحويلها بسهولة إلى أشكال أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية، وهي في ذات الوقت طاقة «نظيفة» في محل الاستعمال بمعنى أن آثارها التلويثية تحصل في محطة التوليد حين توليد الكهرباء وليس حين استعمالها للإضاءة أو تشغيل الموتورات أو تسخين المياه في نقاط الاستعمال النهائي لهذه الطاقة.

ولكن عصر الطاقة الرخيصة لم يستمر طويلا إذ سرعان ما حصلت تطورات جذرية على صعيد وضع الطاقة العالمي في أوائل السبعينات نتج عنها زيادة أسعار مصادر الطاقة بمختلف أشكالها من فحم وغاز ونفط، وقد ترافق مع هذا ازدياد الوعي بان مصادر الطاقة الأحفورية محدودة الأجل ولا يمكن الاستمرار في استنزافها وتبذيرها، وأنه لا مناص من البحث عن مصادر اكثر ديمومة من النفط ومشتقاته. وقد ترتب على هذا أن احتلت الطاقة الشمسية مركز الصدارة باعتبارها المصدر المرشح لتلبية بعض احتياجات البشر من الطاقة على المدى القصير مع توفر إمكانات أن تتسع مساهمتها في المستقبل.

شهدت فترة السبعينات وحتى وقتنا الحاضر انتشار أبحاث الطاقة

الشمسية وتطبيقاتها في معظم دول العالم ومن ضمنها الدول العربية، وقد توسعت أبحاث الطاقة الشمسية لتشمل العديد من المجالات ولتشهد أيضا تطويرات مستمرة تهدف إلى زيادة كفاءة استخدام الأجهزة الشمسية، وقد نشأت العديد من الشركات التي أخذت تقوم بتصنيع مختلف الأجهزة الشمسية وتسويقها، هذا وسنشير إلى وضع الطاقة الشمسية على المستوى العالمي في وقتنا الحاضر في جزء لاحق من هذا الفصل.

الشمس:

الشمس هي نجم المجموعة الشمسية التي تضم بالإضافة إلى الشمس نفسها تسعة كواكب رئيسية والكثير منها أقمار إضافة إلى مجموعة من الأجسام الفضائية الأخرى كالكويكبات والنيازك والشهب، أما كواكب المجموعة الشمسية فهي عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو. وباستثناء الأرض لم يثبت إلى الآن وجود حياة على أي من كواكب المجموعة الشمسية الأخرى. والشمس اكبر من كواكب المجموعة الشمسية مجتمعة ويبلغ وزنها حوالي 1,986 * 10^{30} كيلوغرام، وهوما يعادل حوالي 99,87٪ من مجمل كتلة النظام الشمسي بأجمعه، وحوالي 333 ألف مرة قدر كتلة الأرض. ويبلغ قطر الشمس حوالي 1,4 مليون كيلومتر مقارنة بقطر الأرض الذي يبلغ حوالي 12800 كيلومتر، أما المسافة بين الأرض والشمس فتبلغ حوالي 150 مليون كيلومتر[2].

وتقول النظرية الأكثر قبولا لدى علماء عصرنا بأن تفاعلا اندماجيا يحدث في الشمس وينتج عنه اتحاد ذرات الهيدروجين بعضها مع بعض لتكوين الهيليوم. ومما يرجح وجهة النظر هذه حقيقة أن الشمس تتكون من عنصري الهيدروجين والهيليوم بشكل رئيسي، إذ تبلغ نسبة الهيدروجين حوالي 80٪ والهيليو19٪ وأما الجزء المتبقي فيتكون من عناصر أخرى كالكربون والنيتروجين، ونتيجة لهذا التفاعل فانه يتم تحويل $6*10^{11}$ كيلوغرام من الهيدروجين إلى هيليوم في كل ثانية، وإذا أخذنا كتلة الشمس بعين الاعتبار فانه يمكن القول إن هناك ما يكفي من الهيدروجين لاستمرار التفاعل الاندماجي لحوالي خمسة آلاف مليون سنة.

(2) Kopal,Z, The Solar System, Oxford University Press, London, U.k, 1972 PP. 6- 9

تبلغ درجة حرارة الشمس في مركزها حوالي 20 مليون درجة كالفن (مئوية)، أما درجة حرارة الطبقة الخارجية فتبلغ حوالي 6 آلاف درجة كالفن، وفي الواقع لا تكون درجة حرارة الطبقة الخارجية متجانسة، فلو نظرنا إلى توزيع درجة حرارة قرص الشمس لتبين أن درجة حرارة مركز القرص تبلغ حوالي 6800 درجة كالفن بينما تصل على الأطراف إلى حوالي 5600 درجة كالفن.

وتعتبر طبقة الفوتوسفير مصدر الإشعاع الرئيسي من الشمس وتبلغ درجة حرارتها حوالي 6 آلاف درجة كالفن، تشع الشمس طاقة بمعدل 3,85 * 10^{23} كيلوواط تستقبل الأرض منها حوالي 1,8 * 10^{14} كيلوواط. وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن استهلاك العالم من الطاقة يبلغ حوالي 10^{10} كيلوواط تبين أن كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض تعادل حوالي 20 ألف مرة قدر استهلاك العالم من الطاقة[3].

إن كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض كبيرة جدا مقارنة باحتياجات العالم من الطاقة غير أن علينا إدراك حقيقة أن هذه الطاقة تسقط على سطح الأرض الذي يتألف من بحار وجبال ووديان ومناطق طبوغرافية مختلفة، فمثلا تغطي البحار حوالي 70٪ من سطح الأرض وهي مناطق غير ملائمة لاستغلال الطاقة الشمسية سواء نتيجة لبعدها عن اليابسة أو للتكلفة الاقتصادية العالية، كذلك فان هناك مساحات واسعة من الصحاري التي تتلقى كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي غير أنها غير مأهولة بالسكان وبعيدة عن مراكز الاستهلاك مما يجعل التفكير باستغلالها غير مجد في الوقت الحاضر.

الثابت الشمسي[4]:

يعرف الثابت الشمسي بأنه كمية الطاقة الساقطة في وحدة الزمن على وحدة مساحة متعامدة مع الشعاع الشمسي وواقعة على سطح الغلاف

(3) McMullan, J.T, Morgan, R, and Murray, R.B. Energy Resources and Supply, John Willey and sons, London, U.K. 1976, PP.12- 19.

(4) Meniel A.B and Meniel, M.P., Applied Solar Energy. Adison-Wesley, Publishing Co. London, U.K. 1976,P.40.

الجوي المحيط بالكرة الأرضية.

يكتسب الثابت الشمسي أهمية خاصة في تطبيقات الطاقة الشمسية ذلك أنه لا يمكن في الواقع الحصول على كمية طاقة من الشمس أعلى من قيمة الثابت الشمسي، وبالنسبة لكمية الطاقة التي تصل إلى الأرض فإنها أقل من قيمة الثابت الشمسي بسبب انعكاس قسم من الإشعاع الشمسي أو امتصاصه أثناء عبوره الغلاف الجوي. إن بالإمكان حساب قيمة الثابت الشمسي وذلك باعتبار الشمس جسما أسود على درجة حرارة 6 آلاف درجة كالفن، ونتيجة لهذه الحسابات ينتج أن قيمة الثابت الشمسي تبلغ 1600 واط على المتر المربع، غير أن القياسات العملية التي أجريت بواسطة المركبات الفضائية تعطي قيمة أقل من تلك القيمة الحسابية إذ تبلغ القيمة العملية 1353 واط على المتر المربع، ويعزى الفرق بين القيمتين إلى أن القيمة النظرية تقوم على اعتبار الشمس جسما أسود ذا درجة حرارة متجانسة بينما هي في الواقع غير ذلك كما أشرنا سابقا. وتتغير قيمة الثابت الشمسي حسب المسافة بين الأرض والشمس، فكما هو معلوم يتخذ مدار الأرض حول الشمس شكلا بيضيا مما يؤدي إلى تغير المسافة بينهما. ففي أوائل يناير (كانون ثاني) تبلغ المسافة بين الأرض والشمس حوالي 1,47 مليون كيلومتر، وأما في أوائل يوليو (تموز) فإنها تبلغ حوالي 1,52 مليون كيلومتر. وينتج عن ذلك أن قيمة الثابت تتغير بحوالي 3,5٪ ما بين أوائل يناير وأوائل يوليو، حيث تكون قيمة الثابت الشمسي أعلى في أوائل يناير عن معدلها الوسطى 1353 واط على المتر المربع.

الطيف الشمسي:

يمثل الثابت الشمسي كل كمية الطاقة في الطيف الشمسي. وبالنظر إلى الإشعاع الشمسي نجد أنه يتكون من مجموعة موجات كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها ما بين 0,11 ميكرون إلى 4 ميكرونات. والواقع أن الإشعاع الشمسي يحتوي على موجات أطول غير أن كمية الطاقة فيها قليلة ولا تتجاوز 1٪ من مجمل طاقة الطيف الشمسي[5].

(5) Kreith, F,and Kreider, J.F, Principles of Solar Engineering, Hemisphere Publishing Corp, London, U.K,1978,P.39- 42.

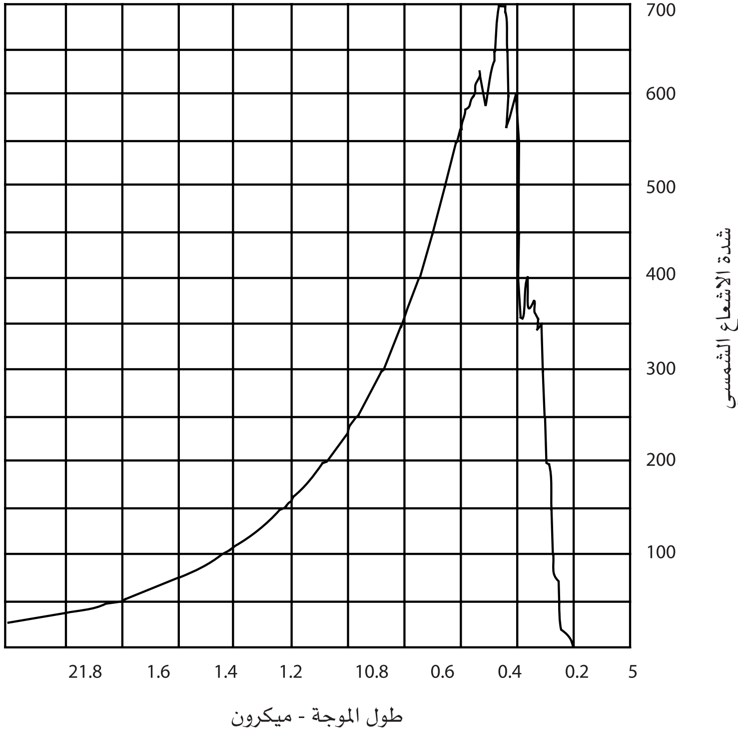
ينقسم الطيف الشمسي إلى ثلاثة مجالات، مجال الأشعة فوق البنفسجية ومجال الأشعة المرئية ومجال الأشعة تحت الحمراء، وتغطي الأشعة البنفسجية ذلك الجزء من الطيف الشمسي الذي يحتوي على الأشعة ذات الموجات القصيرة حتى طول 0,4 ميكرون، وأما الأشعة المرئية فتغطي أطوال الموجات في المجال 0,4-0,75 ميكرون، وأما بالنسبة للأشعة تحت الحمراء فهي تغطي ذلك الجزء من الطيف حيث تزيد طول الموجات عن 0,75 ميكرون. ويظهر في الشكل رقم (1) التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي على سطح الغلاف الجوي.

الزوايا الشمسية:

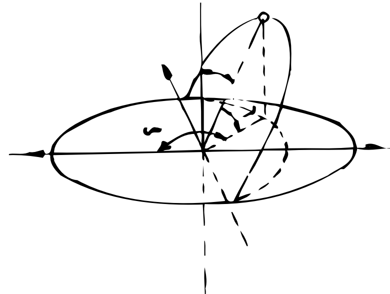
إن استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب معرفة تفصيلية للعلاقة بين الشمس والمنطقة موضع الاهتمام على سطح الكرة الأرضية. فعند الحديث عن استخدام الطاقة الشمسية لابد من الأخذ بعين الاعتبار حقيقة أن الشمس هي مصدر الطاقة وان المطلوب هو رفع كفاءة استخدام هذه الطاقة. ولأجل تحقيق هذا الغرض فان الأمر يتطلب المعرفة التفصيلية والدقيقة للعلاقة بين المواقع المختلفة على سطح الأرض والشمس، وفي حديثنا عن هذه العلاقة وعن كيفية وأهمية تحديد موقع الشمس بالنسبة للمواقع المختلفة على سطح الأرض فإننا سنلجأ إلى اعتبار أن المشاهد على سطح الأرض موجود في موقع ثابت لا يتحرك وأن الشمس هي التي تتحرك بالنسبة للمشاهد، أن هذه الفرضية تخالف الحقيقة القائمة القائلة بأن الأرض هي التي تدور حول الشمس، غير أن النظر إلى الشمس باعتبار أنها تتحرك بالنسبة لمشاهد على سطح الأرض تقدم صورة مبسطة للعلاقة الظاهرية بين حركة الأرض والشمس ولا تؤثر على الحسابات أو الاستنتاجات النهائية.

يمكن تحديد موقع الشمس بالنسبة لمشاهد يقف في نقطة على سطح الأرض إذا ما تم معرفة زاويتين اثنتين هما زاوية ارتفاع الشمس Solar Altitude Angle وزاوية السمت الشمسي Solar Azimuth Angle[6]. وتعرف زاوية ارتفاع الشمس بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة

(6) Threlkeld, J,L, Thermal Envinomental Engineering, Prentice-Hall Inc., London, U.K, 1970- 294.



على سطح الأرض ومركز الشمس والمستوى الأفقي الذي يمر في النقطة المذكورة على سطح الأرض، أما زاوية السمت الشمسي فإنها الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس. ويبين الشكل رقم(2) زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي.



شكل (2): زوايا ارتفاع الشمس والسمت الشمسي

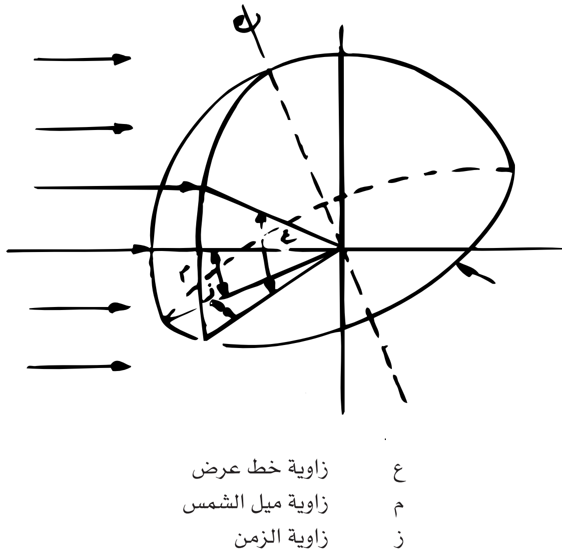
ر زاوية ارتفاع الشمس

س زاوية السمت الشمسي

تتبع أهمية الزوايا الذكورة من أنها تحدد موقع الشمس بالنسبة لنقطة ما على سطح الأرض مما يسهل بالتالي معرفة كمية الإشعاع الشمسي التي تتلقاها نقطة معينة، وتسهل أيضا معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس وكذلك معرفة المساحات المعرضة لأشعة الشمس والمظللة في الأسطح المختلفة فعند حساب الإشعاع الشمسي الساقط على سطح ما يتم النظر إلى شعاع الشمس بأنه كمية موجهة vector ومن ثم يمكن حساب كميات الإشعاع الساقطة على مختلف الأسطح ذلك أن ما يؤخذ بعين الاعتبار هو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الساقط عموديا على أي سطح.

ويتم حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي من خلال بعض الزوايا الأخرى التي تجعل موقع النقطة موضع الاهتمام على سطح الأرض. وهذه الزوايا هي زاوية خط العرض الذي تقع عليه النقطة المذكورة latitude Angle وزاوية ميل الشمس Declination Angle وزاوية الزمن Hour Angle، وتظهر في الشكل رقم (3).

شكل (3): الزوايا الشمسية



ع   زاوية خط عرض

م   زاوية ميل الشمس

ز   زاوية الزمن

تعرف زاوية خط العرض بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقط هذا الخط على المستوى المار في خط الاستواء، وتساوي هذه الزاوية خط العرض عدديا، فبالنسبة للكويت مثلا التي تقع على خط عرض 5 ,29° . فان زاوية خط العرض تساوى ايضا 5 ,29° ولتسهيل الحسابات يمكن اعتبارها 30 درجة، أما زاوية ميل الشمس فإنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض ومسقط هذا الخط على المستوى المار في خط الاستواء، فالمعلوم أن محور دوران الأرض حول نفسها يميل بزاوية مقدارها 5 ,23 درجة بالنسبة لمدارها حول الشمس، وعلى هذا فان زاوية ميل الشمس تتغير حسب موقع الأرض في المدار حول الشمس خلال العام الواحد، وبسبب ميل محور دوران الأرض وبسبب دوران الأرض حول نفسها تحصل التغيرات في طول اليوم وفي كميات الإشعاع الشمسي الواصلة إلى نقطة ما على سطح الأرض وكذلك تحصل فصول السنة المختلفة وما يرافقها من انقلاب صيفي وشتائي وربيعي وخريفي، ومن الظواهر المهمة التي ترافق ميل محور دوران الأرض هو أن أشعة الشمس تسقط عمودية في وقت ما من السنة على المنطقة الواقعة بين خط عرض5 ,23 درجة شمال و5 ,23 درجة جنوب خط الاستواء، ففي 21 حزيران (وقت الانقلاب الصيفي للمناطق شمال خط الاستواء) تسقط أشعة الشمس عمودية على مدار السرطان (5 ,23 درجة شمال خط الاستواء) وفي 21 كانون أول تسقط أشعة الشمس عمودية على مدار الجدي (5 ,23 درجة جنوب خط الاستواء) حيث يحدث الانقلاب الصيفي بالنسبة للمناطق جنوب خط الاستواء، وهو وقت حصول الانقلاب الشتوي للمناطق شمال خط الاستواء، وبالنسبة للكويت التي تقع على خط عرض 30 درجة شمال خط الاستواء فإن أشعة الشمس لا تسقط عمودية عليها في أي وقت من السنة، وان كانت تقترب من أن تكون عمودية إذ تبلغ أقصى زاوية لارتفاع الشمس بالنسبة للكويت، 84 درجة. والمعروف أنه حين تسقط أشعة الشمس عمودية فإن زاوية ارتفاع الشمس تساوي 90 درجة.

الزاوية الأخرى المطلوبة من أجل حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي هي زاوية الزمن، وتعرف هذه الزاوية بأنها الزاوية الواقعة على المستوى المار في خط الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين

مركزي الأرض والشمس ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والنقطة على سطح الأرض، وحين تكون النقطة موضع الاهتمام على سطح الأرض واقعة على الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس تكون زاوية الزمن تساوي صفرا ويكون الوقت هو وقت الظهيرة وعندها تحين صلاة الظهر، ولذلك حينما يسمع المرء أذان الظهر فعليه أن يعلم أن الشمس تكون جنوب النقطة الواقف بها مباشرة وان زاوية الزمن تساوي صفرا وأن الساعة تشير إلى الثانية عشرة حسب التوقيت الشمسي، لكننا نعلم أن وقت أذان الظهر يتغير من يوم إلى آخر بالنسبة للتوقيت المحلي الذي نستعمله، وقد يحدث قبل الساعة الثانية عشرة ظهرا وربما بعدها، إن هذا الفارق يعود إلى ما اصطلح عليه دوليا لتحديد الوقت في المناطق المختلفة وسنتناول هذه النقطة بالمزيد من البحث لاحقا.

الزوايا الثلاث التي أشرنا إليها سابقا، زاوية خط العرض وزاوية ميل الشمس وزاوية الزمن هي الزوايا الأساسية الثلاث التي يمكن بواسطتها حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي، وبالتالي معرفة موقع الشمس بالنسبة لمشاهد يقف على سطح الأرض(7). وبالإضافة إلى ما تقدم تجدر الإشارة إلى زاوية أخرى وهي زاوية سقوط أشعة الشمس، وتعرف هذه الزاوية بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الشمس والنقطة على سطح الأرض والخط الخارج عموديا على السطح الذي تقع عليه النقطة من النقطة ذاتها، ولتسهيل الأمر نقول إن زاوية سقوط أشعة الشمس تتم زاوية ارتفاع الشمس، بمعنى أن مجموع الزاويتين يساوي 90 درجة، وكلما قلت زاوية سقوط أشعة الشمس كلما كان سقوط

(7) يمكن حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي حسب المعادلات التالية:

جا (ر) = جتا (ع) جتا (ع) جتا(م) جتا(ز)+ جا(ع) جا(م)

جا(س) = جتا(م) جا(ز)÷ جتا(ر)

ر= زاوية ارتفاع الشمس Altitude Angle

ع = زاوية خط العرض Latitude Angle

م = زاوية ميل الشمس Declination Angle

ز= زاوية الزمن Hour Angle

س = زاوية السمت الشمسي AZimuth Angle

جا = جيب الزاوية

جتا = جيب تمام الزاوية

الأشعة اكثر عمودية، وحين تساوي هذه الزاوية صفرا تكون أشعة الشمس عمودية على النقطة المذكورة[8].

الوقت الشمسي والوقت المحلي:

إن التوقيت المعمول به في العالم هو توقيت اصطلاحي يقوم على اعتبار أن خط الطول المار في مدينة غرينتش في بريطانيا يساوي صفرا، وبالنسبة لهذا الخط المرجع فقد تم تقسيم العالم إلى مناطق زمنية مختلفة، وحسب التقسيم المعمول به فان المسافة بين خطي طول تعادل 4 دقائق، أو كل 15 درجة في خطوط الطول تعادل ساعة واحدة، لكن حيث إن الفروق بين المناطق الزمنية المختلفة يكون مضاعفات الساعة (أقل فارق معمول به بين منطقتين متجاورتين يساوي نصف ساعة) فان الأوقات الاصطلاحية المعمول بها لا تعطي القيمة الحقيقية للوقت المحلي ذلك أن مثل هذه الأوقات المعمول بها قائمة على أساس تقسيم العالم إلى مناطق زمنية، فبالنسبة للمناطق التي لا تقع على الخطوط المراجع للمناطق الزمنية المختلفة فان

---

(8) وبالنسبة لمن يرغب في معرفة المزيد عن طرق حساب الزوايا الشمسية أو يرغب في إجراء بعض الحسابات المتعلقة بوقت شروق الشمس وغروبها وطول النهار ومعرفة موقع الشمس بالنسبة لموقعه على الأرض خلال أوقات السنة المختلفة، وحتى لمن يرغب في عمل بعض الخرائط الشمسية فإننا سنقدم بعض المعلومات الإضافية. هناك معادلة بسيطة يمكن بواسطتها حساب زاوية ميل الشمس، وتأخذ المعادلة الشكل التالي:

جا (م) = جا 23,5 جا(ن-81)* 0,986)

جا (م) = 0,4 جا (ن-81) * 0,986)

حيث

م = زاوية ميل الشمس.

ن = رقم اليوم خلال السنة وتقع القيمة بين 1- 365 اعتبارا من بداية العام في1 كانون الثاني (يناير).

فعلى سبيل المثال إذا أردنا حساب زاوية ميل الشمس في 21 آذار نجد أنها تساوي صفرا لأن المقدار (ن-81) يساوي صفر (إذا كانت السنة كبيسة) أو يساوي 1 (إذا كانت السنة بسيطة)، وفي كلتا الحالتين تكون الزاوية م تساوي صفرا، وهذا التاريخ هو وقت الانقلاب الربيعي حيث تكون الشمس عمودية على خط الاستواء، أما في 30 نيسان حيث رقم اليوم يساوي 120 فان الزاوية م تساوي 14,4 درجة.

وحتى تكتمل معرفتنا بالزوايا الأساسية المطلوبة لحساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي فلابد من معرفة زاوية الزمن، ومن أجل حساب هذه الزاوية فإننا سنفرد الجزء اللاحق للحديث عن الوقت الشمسي والوقت المحلي وعلاقتهما بزاوية الزمن.

الوقت المحلي المعمول به لا يعطي الصورة الصحيحة عن الوقت الصحيح، ومن أجل حساب الوقت الصحيح المعدل في أية منطقة تستعمل العلاقات التالية:

الوقت المعدل = الوقت المحلي الاصطلاحي± 4 (خط الطول القياسي للمنطقة-خط الطول الحقيقي).

إذا كانت المنطقة موضع الاهتمام تقع شرق خط الطول المار في غرينتش تستعمل الإشارة السالبة (-)، أما إذا كانت المنطقة غرب غرينتش فتستعمل الإشارة الموجبة+، فعلى سبيل المثال تقع الكويت على خط طول 48 شرق غرينتش ويعمل فيها بالوقت الاصطلاحي بالنسبة لخط الطول 45 شرق غرينتش، بمعنى أن فارق الوقت بين توقيت الكويت وتوقيت غرينتش يساوي 3 ساعات. لكن إذا قمنا بحساب الوقت المحلي الفعلي نجد أنه يتقدم على توقيت غرينتش بمقدار 3 ساعات و 12 دقيقة. ويتضح هذا من تطبيق المعادلة السابقة حيث:

الوقت المعدل = الوقت المحلي الاصطلاحي-4 (45-48)

= الوقت المحلي الاصطلاحي + 12

إضافة إلى ما تقدم فان هناك فارقا بين الوقت المعدل والوقت الشمسي. ويعود السبب في هذا إلى طبيعة دوران الأرض والشكل الاهليلجي لمدار الأرض حول الشمس. فالأمر المتعارف عليه بالنسبة لنا أن طول اليوم يساوي 24 ساعة غير أن طول اليوم الشمسي يتغير قليلا عن ذلك للأسباب التي ذكرناها. لذلك فمن أجل حساب الوقت الشمسي يجب أخذ الفارق بين اليوم الاصطلاحي واليوم الشمسي بعين الاعتبار. ويعرف الفرق بين الوقت الشمسي والوقت المحلي المعدل بمعادلة الوقت Equation of Time وعلى ذلك يمكننا وضع العلاقة التالية بين الوقت الشمسي والمحلي المعدل:

الوقت الشمسي المحلي = الوقت المحلي المعدل +معادلة الوقت

تتغير القيمة العددية لمعادلة الوقت خلال العام الواحد. ومن أجل تزويد القارئ بفكرة عن مدى هذه الفروق ندرج في الجدول رقم (1) قيمة معادلة الوقت في منتصف أشهر السنة المختلفة[9].

يمكن حساب زاوية الزمن التي تكلمنا عنها سابقا من خلال معرفة

(9) Threkeld, Op. Cit.P.286.

الوقت الشمسي. فقد ذكرنا أنه في الساعة الثانية عشرة ظهرا حسب التوقيت الشمسي تكون زاوية الزمن تساوي صفرا، بمعنى أن النقطة المذكورة تكون واقعة على الخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض [١٥].

جدول رقم (1)

القيمة العددية لمعادلة الوقت في منتصف الشهر

الشهر	القيمة	
	ثانية	دقيقة
كانون الثاني – يناير	12	- 9
شباط – فبراير	15	- 14
آذار – مارس	14	- 9
نيسان – ابريل	15	- 0
آيار – مايو	44	3
حزيران – يونيو	0.09	- 0.0
تموز – يوليو	45	- 5
آب – اغسطس	35	- 4
أيلول – سبتمبر	29	4
تشرين الأول – اكتوبر	59	13
تشرين الثاني – نوفمبر	29	15
كانون الأول – ديسمبر	13	5

أثر الغلاف الغازي على الإشعاع الشمسي:

إن للغلاف الغازي تأثيرا كبيرا على الإشعاع الشمسي وعلى الاحتفاظ بدرجة حرارة الجو بشكل مقبول، وكما ذكرنا أعلاه يحتوي الطيف الشمسي على أشعة فوق بنفسجية تتميز فوتوناتها بأنها تحمل طاقة اكبر من طاقة الربط الكيماوية التي تربط بين جزيئات الأجسام الحية، وإذا حصل أن تعرضت الأجسام الحية للأشعة فوق البنفسجية فان ذلك سيؤدي إلى تدمير الروابط الكيماوية بين جزيئاتها. ولحسن الحظ فان الطبقة العليا

(١٥) انظر توضيحا لهذه المسألة في القسم الملحق بهذا الفصل.

من الغلاف الغازي المحيط بالأرض تتكون من الأوزون O3 الذي يمتلك قدرة كبيرة على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية.

من جانب آخر لو نظرنا إلى الأرض باعتبارها جسما حراريا لوجدنا أن معظم إشعاعاتها الحرارية تكون إشعاعات ذات موجات طويلة، أي من نوع الأشعة تحت الحمراء، ومن الخصائص المميزة لثاني أوكسيد الكربون ولبخار الماء الموجودين في الغلاف الغازي المحيط بالأرض أنهما يمتصان هذا النوع من الأشعة ويعيدان إشعاع جزء منه إلى سطح الأرض مرة أخرى، ونتيجة لهذا التأثير فان سطح الأرض يحتفظ بدرجة حرارة كالتي نعرفها، ومن الجدير أن نشير هنا إلى بعض ما يقال عن أن درجة حرارة الغلاف الغازي المحيط بالأرض ترتفع بشكل قد يؤدي إلى انصهار الجليد الموجود في القطبين الشمالي والجنوبي مما قد ينجم عنه إغراق مساحات كبيرة من المناطق الواقعة على شواطئ العالم، ويعتمد أصحاب الرأي هذا في تحليلاتهم على حقيقة أن نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الجو تزداد بسبب الكميات الكبيرة من الوقود التي يجري استهلاكها وحرقها، وهو الأمر الذي يؤدي إلى توليد ثاني أوكسيد الكربون وزيادة نسبته في الجو، ومن هنا نستطيع إدراك الوظائف القيمة التي تمارسها النباتات الخضراء في العالم حيث تقوم باستعمال ثاني أوكسيد الكربون وتعيد للجو الأوكسجين في عملية التمثيل الضوئي وبذا تحفظ نسبة مكونات الهواء في الطبيعة ثابتة. لكن إذا كانت مكونات الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية تؤدي هذه الوظائف المهمة فان ذلك يحصل على حساب إحداث بعض التغيرات على الإشعاع الشمسي أثناء عبوره الغلاف الغازي وقبل وصوله إلى سطح الأرض، فحين عبور الإشعاع الشمسي للغلاف الغازي يصطدم بمكونات هذا الغلاف من جزيئات الهواء إلى بخار الماء وذرات الغبار والرمال العالقة في الجو إضافة بالطبع إلى الغيوم، وتتجسد تأثيرات مكونات الغلاف الغازي على الإشعاع الشمسي في جانبين أساسيين هما:

1- امتصاص جزء من الإشعاع الشمسي، فكما ذكرنا يمتص الأوزون O3 جزءا كبيرا من الأشعة فوق البنفسجية وكذلك يقوم بخار الماء بامتصاص أجزاء أخرى من الإشعاع الشمسي.

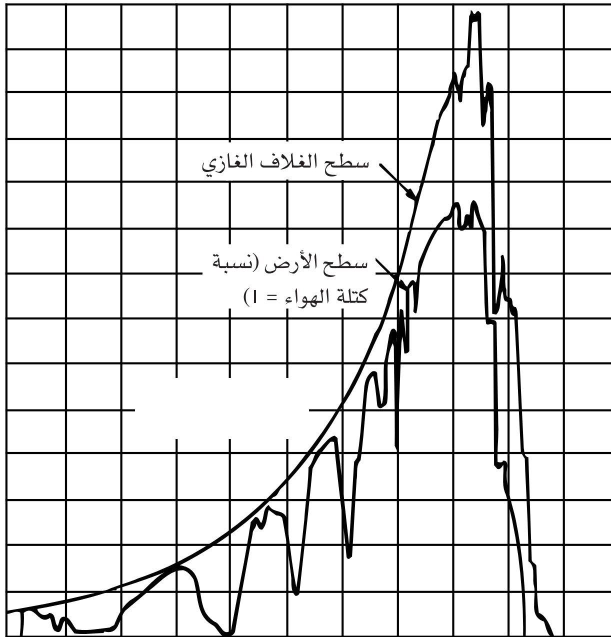
2- تبعثر جزء من الإشعاع الشمسي في الجو في الاتجاهات المختلفة

نتيجة لعمليات الانعكاس والانكسار، و يصل جزء من هذا الإشعاع المتبعثر إلى الأرض بينما ينتشر جزء آخر في اتجاهات مختلفة إلى الفضاء، أما ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي لا يتأثر بأي من عوامل الامتصاص والانتشار فإنه يصل إلى سطح الأرض دون تغير في أطوال موجاته. و يظهر في الشكل رقم(4) تأثير الغلاف الغازي على التوزيع الطيفي لأشعة الشمس.

مما تقدم يتضح أن هناك نوعين من الإشعاع الشمسي لها علاقة وثيقة بتطبيقات الطاقة الشمسية واستعمالاتها وهما:

1- الإشعاع المباشر، وهو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض ولا يتأثر بعوامل الامتصاص أو الانتشار.

2- الإشعاع المنتشر وهو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بعد أن يتعرض لعوامل الانعكاس والانكسار.



شكل (4): تأثير الغلاف الغازي على التوزيع الطيفي للاشعاع الشمسي المباشر العمودي

الإشعاع الشمسي على الأسطح المختلفة:

حين نتحدث عن كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على سطح ما فإننا نعني بذلك الإشعاع الساقط عموديا على السطح المذكور، وإذا حدث أن كان السطح المذكور غير متعامد مع شعاع الشمس فإننا نقوم بحساب ذلك الجزء الذي يسقط عموديا آخذين بعين الاعتبار أن الشعاع الشمسي هو كمية موجهة Vector وان بالإمكان إيجاد قيمة مكوناته في الاتجاهات المختلفة إذا ما تمت معرفة زاوية سقوطه على السطح المذكور، وعلى ذلك تطلق أسماء مختلفة على الإشعاع الشمسي أو مكوناته الساقطة عموديا على سطح ما، وفي تطبيقات الطاقة الشمسية يشيع استعمال الأسماء التالية لوصف الإشعاع الشمسي أو مكوناته:

1- الإشعاع المباشر العمودي وهو الاسم الذي يطلق على الإشعاع المباشر الذي أشرنا إليه أعلاه حين يسقط على سطح متعامد مع الشمس، أي أن الخط العمودي الخارج من هذا السطح يمر في مركز الشمس، ولأجل الاستفادة القصوى من هذا الإشعاع يحسن توجيه اللاقطات الشمسية طوال النهار بحيث يكون سطحها متعامدا باستمرار مع الشمس، ويجدر بنا القول إن عملية التوجيه هذه تقتضي تحرك اللاقط حول محورين يقوم أحدهما بتتبع حركة الشمس من الشرق إلى الغرب وأما الآخر فيأخذ بالاعتبار تغير زاوية ارتفاع الشمس.

2- الإشعاع المباشر وهو ذلك الجزء من الإشعاع المباشر العمودي الساقط عموديا على سطح ليس متعامدا مع الشمس، ومن الضروري عدم الخلط بين هذا الإشعاع المباشر وما أشرنا إليه قبل قليل كإشعاع مباشر عمودي، ولتوضيح مفهوم هذا الإشعاع نقول إن زاوية ارتفاع الشمس في الكويت لا تصل إلى 90 درجة كما رأينا فيما سبق بسبب أن الكويت تقع شمال مدار السرطان، ولذلك فان الإشعاع لا يسقط عموديا على السطح الأفقي في الكويت، من جانب آخر فان الأسطح الأفقية كغيرها من الأسطح التي تتعرض للإشعاع الشمسي تتأثر بهذا الإشعاع، ولحساب مقدار التأثير هذا يتم حساب الجزء الذي يسقط عموديا على السطح الأفقي ناظرين إلى الإشعاع الشمسي المباشر باعتباره كمية موجهة، وهذا الجزء العمودي هو ما يحتاجه العامل في حقل الطاقة الشمسية للقيام بحساباته أو عمل

التصاميم وهو ما يعرف في هذا المجال باسم الإشعاع المباشر، والعلاقة بين الإشعاع المباشر العمودي والإشعاع المباشر هي علاقة هندسية مباشرة إذ في حال معرفة أي منهما يمكن حساب الآخر بسهولة من خلال العلاقة التالية:

الإشعاع المباشر = الإشعاع المباشر العمودي * جيب زاوية ارتفاع الشمس

3- الإشعاع المنتشر، وهو ذلك الجزء من الإشعاع المبعثر في الجو الذي يسقط على سطح ما، وحين تكون السماء ملبدة بالغيوم بحيث لا تخترقها الأشعة المباشرة فان كل الإشعاع المتوفر حينئذ هو إشعاع منتشر، وفي أيام الصحو حيث لا غيوم ولا عواصف ترابية أو رملية فان كمية الإشعاع المنتشر تكون قليلة.

4- الإشعاع الشامل أو الكلي، وهو مجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر الساقطين على سطح ما مهما كان اتجاهه.

إن لكل من الإشعاعات السالفة استعمالاته الخاصة في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية حسب طبيعة الأمور المطلوب تحقيقها أو إنجازها، وتبعا لذلك فان هناك أنواعا عديدة من اللاقطات أو المجمعات الشمسية Solar Collectors التي يستعمل كل منا للاستفادة من واحد من الإشعاعات السالفة أو اكثر، فهناك مجمعات مسطحة تستفيد من الإشعاع الشامل وأخرى مقعرة تدور حول محور واحد وتستخدم الإشعاع المباشر وثالثة تدور حول محورين وتستفيد من الإشعاع المباشر العمودي، وسنتناول بعض أنواع هذه المجمعات الشمسية بالتفصيل لاحقا.

حساب الإشعاع الشمسي:

إن المسألة الأكثر إلحاحا وأهمية في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية هي معرفة: كم من الإشعاع الشمسي يتوفر في المنطقة موضع الاهتمام ففي تطبيقات الطاقة الشمسية يمثل الإشعاع الشمسي مصدر الطاقة الرئيسي الذي يتم استخدامه لتأدية مهمات معينة، ولذلك يتطلب التعامل العلمي مع تطبيقات الطاقة الشمسية ضرورة معرفة ما يتوفر من إشعاع شمسي في موقع التطبيق، وتتضمن مثل هذه المعرفة الإلمام بخصائص الإشعاع الشمسي على المدى القصير والطويل بمعنى دراسة الجوانب المتعلقة

بالتغيرات اللحظية لهذا الإشعاع خلال اليوم الواحد على مدار العام والإلمام بالطبيعة العامة لهذا الإشعاع ومعرفة معدلات سقوطه، وغالبا ما يلجأ المختصون بالطاقة الشمسية إلى إعداد جداول تبين مقادير الإشعاع الشمسي المتوقع سقوطها في منطقة ما خلال العام بناء على النتائج التي يحصلون عليها بواسطة القياسات، كما قد يلجأ البعض الأخر إلى إعداد نماذج رياضية تحدد الإشعاع الشمسي خلال العام ويمكن استعمالها لحساب مقاديره لحظيا أو خلال يوم كامل أو حتى خلال العام الكامل.

لو افترضنا جدلا أن الإشعاع الشمسي لا يتأثر بمكونات الغلاف الغازي المحيط بالأرض لكان من السهل جدا أن نحسب كميات الإشعاع الشمسي التي تتلقاها المناطق المختلفة في العالم ذلك أن المطلوب معرفته هو قيمة الثابت الشمسي وزاوية ارتفاع الشمس، لكن كما ذكرنا فيما سبق فان مكونات الغلاف الغازي تؤثر على أشعة الشمس وبالتالي على كمية الإشعاع الواصل إلى الأرض.

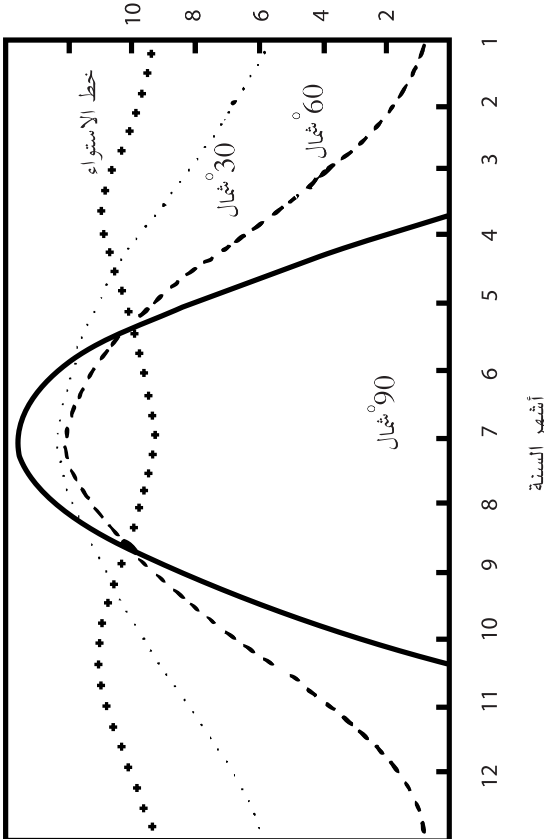
وعلى أية حال تتوفر في الكتب المتعلقة بالطاقة الشمسية معلومات عن توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الغلاف الغازي المحيط بالأرض Extra terrestial Radiation ففي المسافة بين الشمس وسطح هذا الغلاف يسير الإشعاع الشمسي دون أن تعترض طريقه العوائق ودون أن يتعرض لعمليات الامتصاص والانتشار التي يتعرض لها حال دخوله الغلاف الجوي المحيط بالأرض، ولذا فان معرفة توزيع الإشعاع الشمسي على سطح هذا الغلاف يخدم كمرجع يمكن بواسطته معرفة مدى تأثير الطبقة الهوائية في منطقة ما على الإشعاع الشمسي حيث إن الإشعاع على سطح الغلاف الغازي هو الحالة المثالية التي لا يمكن أن تحصل في أية منطقة في العالم، ولحساب القيمة اللحظية لمقدار الإشعاع الشمسي على سطح أفقي على سطح الغلاف الغازي المحيط بالأرض يكون المطلوب هو إيجاد زاوية ارتفاع الشمس بالنسبة لذلك السطح وهي التي تساوي نفس زاوية ارتفاع الشمس بالنسبة لسطح أفقي على نفس خط العرض على سطح الأرض. ولإيجاد قيمة الإشعاع الشمسي تستعمل العلاقة التالية:

الإشعاع الشمسي على سطح أفقي على سطح الغلاف الغازي =

الثابت الشمسي * جيب زاوية ارتفاع الشمس

وكما ورد فيما سبق فان قيمة الثابت الشمسي تساوي 1353 واط على المتر المربع

ولكي نحسب كمية الإشعاع الشمسي خلال يوم كامل علينا أن نقوم بعملية تكاملية تغطي فترة الإشعاع الشمسي طول اليوم، ويحتوي الشكل رقم (5) على منحنيات تمثل قيمة الإشعاع الشمسي على الأسطح الأفقية على سطح الغلاف الغازي المحيط بالأرض على درجات عرض مختلفة، ويتضح من الشكل المذكور أن أعلى كمية من الإشعاع الشمسي خلال اليوم الواحد على سطح الغلاف الغازي تسقط عند القطب الشمالي للمناطق شمال خط الاستواء، ولو نظرنا إلى ما يحصل في الجزء الجنوبي لوجدنا



شكل (5): الإشعاع الشمسي اليومي على وحدة السطح الأفقي على سطح الغلاف الغازي المحيط بالأرض

أن أعلى كمية من الإشعاع الشمسي تسقط عند القطب الجنوبي ذلك أنه يتعرض للإشعاع حين تكون الشمس أقرب ما تكون إلى الأرض، وعلى ذلك فان كمية الإشعاع الشمسي خلال يوم واحد على سطح أفقي فوق القطب الجنوبي وعلى سطح الغلاف الغازي تصل إلى قيمتها العظمى في 21 كانون أول وتبلغ 8، 13 كيلو واط على المتر المربع، وهي أعلى من كمية الإشعاع اليومي في أي مكان آخر.

ومن أجل حساب كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على الأسطح المختلفة على سطح الأرض نحاول التخيل بأننا نعبر الغلاف الغازي المحيط بالأرض على شعاع شمسي، لقد رأينا أن الشعاع لا يتعرض إلى تغييرات حتى وصوله إلى سطح الغلاف الغازي، وما ا ن يبدأ بعبور الغلاف الغازي حتى يبدأ بفقدان جزء من مكوناته بواسطة الامتصاص بينما يتغير مسار أجزاء أخرى من هذا الشعاع ويبقى جزء آخر يسير في طريقه دونما تأثر. إن مقدار التغيرات التي تطرأ على الشعاع الشمسي أثناء عبوره الغلاف الغازي تعتمد على عاملين هما معامل امتصاص الجو وطول المسافة التي يقطعها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الغازي، فمثلا حين تسقط الشمس عمودية على مكان ما فان المسافة التي يقطعها الشعاع هي سمك الغلاف الغازي، وأما حين تكون زاوية ارتفاع الشمس تساوي 30 درجة فان المسافة التي يسيرها الشعاع في الغلاف الغازي تعادل ضعف سمك الغلاف الغازي، وعليه يمكن حساب قيمة الإشعاع المباشر العمودي الواصل إلى سطح الأرض بالعلاقة التالية:

الإشعاع المباشر العمودي على سطح الأرض = الثابت الشمسي * لط (ص * ل) حيث لط هو اللوغارتم الطبيعي، ص معامل امتصاص الجو، أما ل فهي طول مسار الشمس في الغلاف الغازي وتعرف بنسبة كتلة الهواء.

الواقع أن ل ليست طول المسافة التي يقطعها شعاع الشمس بالأمتار بل هي علاقة نسبية بين الطول الفعلي الذي يقطعه الشعاع وبين المسافة التي يقطعها فيما لو كانت الشمس عمودية فوق المكان المذكور. وحين تكون الشمس عمودية فوق مكان فان المسافة التي يقطعها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الغازي تساوي الارتفاع العمودي أو السمك العمودي لهذا الغلاف، أما حين لا تكون الشمس عمودية فان طول المسافة التي يقطعها

الشعاع تساوي السمك العمودي للغلاف الغازي مقسوما على جيب زاوية الارتفاع أو مضروبا في معكوس جيب زاوية ارتفاع الشمس، وعلى ذلك فإن نسبة كتلة الهواء (ل) تحسب بالمعادلة التالية:

ل = السمك العمودي للغلاف الغازي x معكوس جيب زاوية ارتفاع الشمس

السمك العمودي للغلاف الغازي

وبمعنى آخر: ل = معكوس جيب زاوية ارتفاع الشمس

أما بالنسبة لمعامل امتصاص الجو فانه يتأثر بطبيعة الظروف الجوية السائدة في المنطقة موضع الاهتمام، وفي العادة يتم تحديد مقدار هذا المعامل اعتمادا على الخبرة العملية المتعلقة بالقياسات الشمسية.

الآن إذا توفرت المعلومات الكاملة والكفيلة بحساب قيمة الإشعاع المباشر العمودي على مستوى سطح الأرض يصبح بالإمكان حساب قيمة الإشعاع المباشر الساقطة على أي سطح، فكما ذكرنا يتم التعامل مع الإشعاع المباشر العمودي على أساس أنه كمية موجهة تحسب مكوناته الساقطة على الأسطح المختلفة اعتمادا على زاوية سقوط هذا الشعاع بالنسبة لهذه الأسطح، فمثلا إذا أردنا حساب كمية الإشعاع المباشر الساقطة على سطح أفقي على سطح الأرض فإننا نستعمل العلاقة التالية: الإشعاع المباشر على السطح الأفقي = الإشعاع المباشر x جيب زاوية ارتفاع الشمس.

وبالنسبة للإشعاع المنتشر فإن هناك العديد من العلاقات التي يمكن استعمالها لحساب كمياته غير أن معظمها خارج نطاق بحثنا الحالي، ولكن كما ذكرنا تعتمد كمية الإشعاع المنتشر بشكل كبير على طبيعة الظروف المناخية السائدة ونسبة الغبار والغيوم في الجو.

وهناك العديد من العلاقات الرياضية لحساب القيم اللحظية للإشعاع الشامل أيضا، وفي العادة فان هذه العلاقات تعتمد على القياسات التجريبية التي يمكن من خلالها تحديد قيم بعض الثوابت المستعملة في هذه العلاقات التي تأخذ بعين الاعتبار طبيعة المتغيرات الطقسية في المنطقة موضع الاهتمام، ومع ذلك فهناك بعض العلاقات التي تصف الإشعاع الشامل خلال أيام الصحو فقط.

وقد تبين للمؤلف من خلال مراجعته للقياسات الخاصة بالإشعاع

الشمسي في الكويت ومحاولته تطبيق بعض النماذج الرياضية المتوفرة عليها أن بالإمكان الحصول على نتائج تقريبية للإشعاع الشمسي في الكويت في أيام الصحو فيما لو تم التعامل مع الإشعاع الشامل على اعتبار أنه كمية موجهة، وكل المطلوب في هذه الحالة هو إيجاد قيمة افتراضية للإشعاع في الكويت بافتراض أن الشمس عمودية ومن ثم استعمال العلاقة البسيطة التالية: **الإشعاع الشامل اللحظي-الإشعاع الشمسي الافتراضي x جيب زاوية ارتفاع الشمس.**

وبالنسبة لبلد مثل الكويت فانه يمكن اعتبار أن قيمة الإشعاع الشامل الافتراضي تساوي 320 وحدة حرارة بريطانية على القدم المربع أو حوالي 1 كيلو واط على المتر المربع، وقد تبين للمؤلف أيضا أن مثل هذه الطريقة رغم بساطتها تؤدي إلى نتائج قريبة من المعدلات الوسطى للإحصاءات المتوفرة عن الإشعاع الشمسي الشامل في الكويت، وبالرجوع إلى الشكل رقم (17)(*) يرى القارئ أننا نسند إلى الدوائر المختلفة قيما مختلفة للإشعاع الشمسي الشامل في الكويت، ولذلك فلمعرفة القيمة التقريبية لهذا الإشعاع فان كل ما عليك هو أن تنظر إلى ساعتك (التي نفترض أن توقيتها قريب من الوقت الشمسي) وأن تحدد على الخريطة الشمسية موقع الشمس بالنسبة للكويت (مركز الخريطة) ثم تقرأ قيمة الإشعاع الشمسي مباشرة، وإذا كان الوقت صحوا فان القارئ سيحصل على قيمة قريبة جدا من الواقع ومن كان يرغب في المزيد يمكنه حساب الوقت الشمسي من المعلومات التي سنقدمها في الصفحات القادمة (*1)

الإشعاع الشمسي في العالم العربي:

يمتد العالم العربي فوق مساحة جغرافية شاسعة تتباين فيها الظروف المناخية وتختلف المواقع بالنسبة لخط الاستواء مما يعني تغير كميات الإشعاع الشمسي في أقطار العالم العربي المختلفة، وتقترب حدود العالم العربي الجنوبية من خط الاستواء وذلك في جنوب السودان بينما تصل أجزاؤه الشمالية في شمال سوريا والعراق إلى خط عرض 37 شمال خط الاستواء،

(*) انظر الشكل في القسم الملحق بهذا الفصل.

(*1) انظر القسم الملحق بهذا الفصل ص: 281

وأما بالنسبة لخطوط الطول فان العالم العربي يمتد ما بين خط طول 17 غرب غرينتش في أقصى غرب الصحراء الغربية إلى خط طول 60 شرق غرينتش في أقصى شرق عمان.

وتتباين الأحوال المناخية في العالم العربي من منطقة إلى أخرى بحكم العوامل الجوية التي تؤثر في تكوين مناخاته، و ينعكس هذا الأمر بالتأكيد على كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض في المنطقة التي يشغلها عالمنا العربي، فهناك مناطق في العالم العربي تتأثر بالرياح الموسمية خلال فصل الصيف الأمر الذي يؤدي إلى تكون الغيوم وسقوط المطر صيفا وبالتالي حجب أشعة الشمس خلال بعض أيام هذا الفصل، وهناك أيضا مناطق صحراوية تتمتع بشمس مشرقة خلال معظم أيام السنة غير أن العواصف الرملية التي تهب فيها تقلل من كميات الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض.

ولكي نقدم للقارئ صورة عن معدلات الإشعاع الشمسي في الدول العربية المختلفة فإننا ندرج قيم المتوسطات اليومية للإشعاع الشمسي الشامل على السطح الأفقي في معظم العواصم العربية خلال أشهر السنة المختلفة. ونود الإشارة إلى أن الأرقام الواردة في الجدول رقم (2) هي بالكالوري على السنتيمتر المربع خلال اليوم الواحد، وإذا رغب القارئ في تحويلها إلى وحدة الكيلو واط ساعة على المتر المربع فان المطلوب هو قسمة أي رقم في الجدول على 86.

تعتبر معدلات الإشعاع الشمسي في الدول العربية-بخاصة في فصل الصيف-من المعدلات العالية في العالم إذ أن معظم الدول العربية تتمتع بمتوسط إشعاع شمسي في فصل الصيف يساوي أو يزيد عن 7 كيلو واط ساعة على المتر المربع في اليوم الواحد، ومن أجل مقارنة الإشعاع الشمسي في العالم العربي بمعدلاته في مناطق أخرى من العالم فإننا نقدم بعض الإحصاءات عن الإشعاع الشمسي في بعض الدول في قارات مختلفة من العالم في الجدول رقم (3).

ولا يفوتنا هنا أن نشير إلى مسألة جد أساسية فيما يتعلق بالطاقة الشمسية وغيرها من المعطيات الطبيعية التي تتمتع بها الدول العربية وهي أن توفر المعطيات الطبيعية بحد ذاتها لا يعني الكثير ما لم يتدخل الفكر

جدول رقم 2 – المتوسط اليومي للاشعاع الشمسي الشامل على السطح الأفقي في الأقطار العربية

الوحدات: كالوري/ سنتيمتر مربع في اليوم

الدولة	المدينة	ك 2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت 1	ت 2	ك 1
الجزائر	الجزائر	225	300	400	480	560	450	600	560	450	350	250	200
البحرين	–	360	425	500	610	660	620	650	600	560	480	380	300
مصر	القاهرة	300	400	500	580	640	670	640	600	550	450	340	280
العراق	بغداد	290	350	420	550	660	710	720	660	560	460	310	250
الاردن	عمان	275	350	450	560	660	710	710	660	550	450	320	250
الكويت	الكويت	320	400	470	600	660	710	700	650	650	470	360	280
لبنان	بيروت	250	325	440	540	640	710	710	610	500	400	300	240
ليبيا	طرابلس	300	400	475	575	630	660	710	610	500	400	300	280
المغرب	الرباط	250	340	420	520	550	650	600	550	480	370	280	220
عمان	مسقط	380	440	520	600	650	580	600	550	550	500	400	340
فلسطين	القدس	290	350	450	580	670	730	720	670	570	450	320	260
قطر	الدوحة	360	425	500	610	660	620	650	600	560	480	390	310
السعودية	الرياض	375	440	520	620	650	600	600	590	560	480	400	330
السودان	الخرطوم	425	500	550	550	600	550	520	540	530	500	450	400
سوريا	دمشق	250	325	440	540	640	710	710	650	550	450	300	240
تونس	تونس	200	300	400	500	600	650	700	600	450	350	250	200
الامارات	أبو ظبي	360	425	500	610	660	600	650	600	560	480	400	320
اليمن (ش)	صنعاء	410	475	530	580	580	530	510	530	530	510	480	410
اليمن (ج)	عدن	420	480	530	580	580	530	500	540	540	510	500	410

المصدر Williams. J.R. Debs A.S. and Fadel, G.M. "Solar Energy Technology and Commercialization Assessment For Kuwait".

G.I.T., Atlants, U.S.A., 1979.

جدول رقم 3

المتوسط اليومي للاشعاع الشمسي الشامل

على السطح الأفقي في مناطق مختلفة من العالم

الوحدات: كالوري/ سنتيمتر مربع في اليوم

الدولة	المدينة	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت 1	ت 2	ك 1
السنغال	داكار	460	538	633	627	619	580	512	456	464	449	452	470
الهند	كلكتا	532	617	701	781	784	–	–	800	645	624	557	501
اليابان	طوكيو	190	231	274	312	343	303	336	338	254	202	185	169
أمريكا	نيويورك	122	191	259	363	426	446	439	366	316	243	148	107
أمريكا	البوكيرك	307	367	497	606	676	746	679	624	547	464	348	292
بلجيكا	بروكسل	56	108	206	346	406	441	406	354	251	158	76	47
السويد	ستوكهولم	29	78	201	308	467	517	500	392	243	112	32	18

المصدر: Meinel. A.B. and Meinel, M.P. "Applied Solar Energy". Addison-Wesley Publishing Company London. England. 1977. P. 51

والعمل للاستفادة من هذه المعطيات والتعامل معها بشكل عقلي منظم يتيح استخدامها وتوظيفها لخدمة إنسان المنطقة، وبدون ذلك فان هذه المعطيات قد تفرز آثارا سلبية إذا ما فشل الإنسان في التعامل معها، والدليل على ذلك أن بعض أنماط العمارة الحديثة القائمة حاليا في المناطق الحارة من العالم العربي غريبة عن الواقع البيئي لهذه المناطق وكل ما تفعله أشعة الشمس فيها هو أن ترفع من حرارتها صيفا إلى درجة لا تطاق. أردنا بهذا أن نعطي مثالا عن الكيفية التي تتحول بها النعمة إلى نقمة إذا لم يتعامل الإنسان مع المعطيات الطبيعية بشكل حكيم علمي ويسخرها لمصلحته.

المجمعات الشمسية: Solar Collectors

يتطلب الاستخدام الفعال للطاقة الشمسية ضرورة تحويلها من موجات كهرومغناطيسية إلى أحد أشكال الطاقة الشائعة الاستعمال (حرارية، كهربائية، فوتوكيميائية) لاستخدامها من ثم في تلبية واحدة أو اكثر من حاجات البشر ومن أجل تحقيق هذا الغرض يتطلب الأمر استعمال بعض الوسائل التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى أحد أشكال الطاقة سهلة الاستعمال، وحيث إن الطاقة الحرارية والكهربائية والفوتوكيميائية هي الأشكال الثلاثة الشائعة فان تحويل الطاقة الشمسية إلى أي من أشكال الطاقة هذه يتطلب وسيلة ملائمة تقوم بالتعامل مع الإشعاع الشمسي وتحويله إلى شكل ملائم من الطاقة، وسنطلق على هذه الوسائل اسم المجمعات الشمسية ذلك أن مهمتها هي التقاط الطاقة الشمسية الساقطة على سطحها وتحويلها إلى أحد أشكال الطاقة الشائعة الاستعمال، أما الأنواع الرئيسية لهذه المجمعات فهي:

١- المجمعات الشمسية الحرارية التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارة من خلال خصائص الأجسام المادية المتعلقة بالقدرة على امتصاص الأشعة الشمسية، والواقع أن الاسم الشائع لهذا النوع من المجمعات هو المجمعات الشمسية أو اللاقطات الشمسية Solar Collectors وفي حديثنا لاحقا عن خصائص هذه المجمعات فإننا سنستعمل الاسم الشائع لها وهو المجمعات الشمسية، علما بأن أية وسيلة تقوم بالتقاط أشعة الشمس وتحويلها هي مجمع شمسي بفارق أن الشكل النهائي للطاقة يختلف من

حالة إلى أخرى.

2- المجمعات الشمسية الكهربائية (الخلايا الفوتوفولطية) وهي الأجسام التي تقوم بتحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية بشكل مباشر دون الدخول في عمليات التحويل، فالمعلوم أن بالإمكان إنتاج الطاقة الكهربائية بواسطة الحرارة الناتجة عن استعمال المجمعات الحرارية وهو الأمر الذي يحتاج إلى وسائل وسيطة أخرى مثل التوربينات والمبخرات والمكثفات، أي ضرورة الدخول في عملية تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية، أما في حالة المجمعات الشمسية الكهربائية فان إنتاج الكهرباء يتم بصورة مباشرة، والجدير بالذكر أن بالإمكان في بعض الظروف إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة والحصول على بعض الطاقة الحرارية أيضا من المجمع نفسه غير أن هذا التطبيق ليس شائع الاستعمال بعد.

3- المجمعات الفوتوكيميائية التي تستعمل الطاقة الشمسية للقيام بتفاعلات كيماوية وإنتاج المواد الكربوهيدراتية كما في حالة أوراق النبات أو إنتاج الهيدروجين كما في حالة بعض الطحالب.

سنتطرق في الصفحات اللاحقة إلى النوعين الأول والثاني من المجمعات الشمسية وسنتطرق أيضا إلى الاستخدامات الشائعة والممكنة للطاقة الناتجة عن استعمالها، أما بالنسبة للنوع الثالث فسنتطرق له في فصل آخر يتعلق بإنتاج الطاقة من النباتات.

المجمعات الشمسية الحرارية:

قلنا أن الاسم الشائع لهذه المجمعات هو المجمعات الشمسية، ومهمة هذه المجمعات على اختلاف أشكالها هي تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية على درجات حرارة مختلفة حسب طبيعة الاستخدام المطلوب، وبشكل عام تقوم هذه المجمعات بنقل الطاقة الحرارية الناتجة إلى أحد الموائع كالهواء أو الماء أو أي من السوائل الأخرى لاستخدامها من ثم في تلبية أحد المتطلبات. وقبل الدخول في التفاصيل عن الأشكال المختلفة لهذه المجمعات سنتطرق إلى بعض الجوانب النظرية التي نحاول من خلالها تحديد خصائص كل شكل واستعمالاته الملائمة.

إن من الحقائق الأساسية في العالم المادي أن الطاقة لا تخلق ولا تفنى

وإنما يمكن تحويلها من شكل إلى آخر وهكذا فلو نظرنا إلى المجمع الشمسي باعتباره جسما يستقبل الطاقة الشمسية فانه يقوم بتحويل هذه الطاقة إلى أشكال أخرى يتم الحصول على جزء منها بينما يفقد الجزء الآخر، أما الجزء الذي نحصل عليه فيتمثل في رفع درجة حرارة أحد الموائع مثلا بينما الجزء المفقود هو الذي ينتقل من المجمع مرة أخرى للأجواء المحيطة به. ولو حاولنا صياغة ما تقدم بشكل علاقة حسابية لقلنا:

الطاقة الساقطة على المجمع = الطاقة المكتسبة + الطاقة المفقودة

وبهذا نرى أن المجمع الشمسي لا يخلق الطاقة من العدم كما أنه لا يفنيها بل يقوم بتحويلها. وإذا حاولنا البحث عن الطاقة الحرارية المكتسبة نجد أنها كمية الحرارة التي حصل عيها المائع الذي انتقلت له الحرارة. وإذا حاولنا حسابها نجد أنها تساوي كتلة المائع مضروبة بحرارته النوعية وبارتفاع درجة حرارته. وحين نضع ما تقدم بشكل علاقة رياضية يظهر أن:

الحرارة المكتسبة = كتلة المائع x حرارته النوعية x ارتفاع درجة حرارته

وباستعمال الرموز نضع العلاقة كالتالي:

حا= ك x ن x ت

أما الحرارة المفقودة إلى الأجواء المحيطة فإنها تنتقل عبر وسائل التوصيل والحمل والإشعاع. وللسهولة فسوف نهمل تأثير الوسيلة الأخيرة ونركز على فقدان الحرارة بالتوصيل والحمل. وتعتمد كمية الحرارة المفقودة من المجمع على معامل انتقال الحرارة من سطح المجمع إلى الأجواء المحيطة وعلى مساحة سطح المجمع وعلى فارق درجات الحرارة بين سطح المجمع والأجواء المحيطة. وبشكل رياضي نضع العلاقة كالتالي:

الحرارة المفقودة = مساحة سطح المجمع x معامل انتقال الحرارة x فارق درجات الحرارة بين سطح المجمع والأجواء المحيطة

وباستعمال الرموز نضع العلاقة كالتالي:

ح 2= س * م * ف

لكن كما ذكرنا فان مجموع الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة تساوي كمية الطاقة الساقطة على سطح المجمع التي تساوي بدورها كمية الإشعاع الشمسي على وحدة المساحة مضروبا بمساحة سطح المجمع، أي:

الطاقة الساقطة على المجمع = الاتساع الشمسي على وحدة المساحة x

مساحة سطح المجمع

ح 3= ش * س

لنضع ميزان الطاقة للمجمع الشمسي بشكل رياضي:

ح 3 = ح 1 + ح 2

وإذا قسمنا طرفي العلاقة على ح 3 ينتج:

$$1 = \frac{ح\ 1}{ح\ 3} + \frac{ح\ 2}{ح\ 3}$$

لنلاحظ أن ح3/ح1 هو نسبة الطاقة المكتسبة إلى الطاقة الساقطة على سطح المجمع، أي إنها تمثل كفاءة المجمع، أما ح 3/ح 2 فإنها تمثل العلاقة بين الطاقة المفقودة والطاقة الساقطة على المجمع، ويمكننا أن نختصر ح3/ح2 إلى صيغة اكثر قبولا حين نضع:

$$\frac{ح\ 2}{ح\ 3} = \frac{س \times م \times ف}{ش \times س}$$

و بصيغة أخرى:

$$\frac{ح\ 2}{ح\ 3} = م \times \frac{ف}{ش}$$

إذا اعتبرنا أن معامل انتقال الحرارة من سطح المجمع إلى الأجواء المحيطة ذو قيمة ثابتة نرى أن $\frac{ح\ 2}{ح\ 3}$ تتناسب طرديا مع فارق درجات الحرارة بين درجة حرارة سطح المجمع والأجواء المحيطة وعكسيا مع شدة الإشعاع الشمسي، ، إذا أعدنا كتابة ميزان الطاقة للمجمع الشمسي نرى:

$$1 = \textbf{كفاءة المجمع} + م \times \frac{ف}{ش}$$

أو

$$\textbf{كفاءة المجمع} = 1 - م\ \frac{ف}{ش}$$

لكن نتيجة لعوامل امتصاص وانعكاس الإشعاع الشمسي عن زجاج المجمع وعن الصفيحة الماصة داخل المجمع فان كفاءة المجمع تأخذ شكل العلاقة التالية:

$$\textbf{كفاءة المجمع} = 0.8 - م\ \frac{ف}{ش}$$

أما الشكل البياني لهذه المعادلة فيظهر كخط مستقيم تقل قيمته كلما ازدادت قيمة العامل (م x ش/ف).

ملاحظات حول نظرية المجمعات الشمسية الحرارية:

إن رفع كفاءة استخدام الطاقة الشمسية في التطبيقات المختلفة تتطلب توفير المجمعات ذات الكفاءة العالية والتي تكون ذات جدوى اقتصادية في نفس الوقت، ولأجل رفع كفاءة المجمع الشمسي فان الأمر يتطلب زيادة كمية الطاقة المكتسبة وتقليل كمية الطاقة المفقودة، والواقع أن معظم الأبحاث التي تجري على المجمعات الشمسية تتركز حول هاتين النقطتين: زيادة الطاقة المكتسبة وتقليل الطاقة المفقودة، مع الأخذ بعين الاعتبار ضرورة أن تكون أسعار المجمعات مقبولة اقتصاديا، وحتى تزداد كمية الطاقة المكتسبة يجب مراعاة الجوانب التالية:

1- تقليل العوائق التي تحد من وصول الإشعاع الشمسي إلى تلك الأجزاء من المجمع التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية، وذلك باستعمال المواد التي تسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى الأسطح الماصة بكفاءة عالية.

2- زيادة كفاءة الأسطح الماصة للإشعاع الشمسي، وذلك باستعمال بعض الطلاءات التي تزيد من امتصاص أشعة الشمس وتقلل من الإشعاع الحراري لهذه الأسطح.

3- رفع كفاءة نقل الطاقة الشمسية الممتصة على السطح الماص إلى المائع (غاز أو سائل) الذي يمر في المجمع الشمسي، ويحدث هذا في العادة بواسطة استعمال المعادن جيدة التوصيل للحرارة.

وحتى تقل كمية الطاقة المفقودة فان الجهود تتركز على النواحي التالية:

1- تقليل الحرارة المفقودة بواسطة وسائل الحمل والتوصيل والإشعاع، ويتم هذا في العادة عن طريق تقليل معامل انتقال الحرارة من السطح الماص إلى الأجواء المحيطة بواسطة استعمال اكثر من غطاء زجاجي فوق السطح الماص أو تفريغ المجمعات الشمسية من الهواء لمنع انتقال الحرارة، فالمعلوم أن الحرارة لا تنتقل في الفراغ بل تحتاج إلى وسط مادي تنتقل خلاله بعكس الضوء الذي ينتقل في الفراغ، ولولا هذه الخصائص لما وصلنا نور الشمس.

2- تقليل مساحة السطح الماص لتقليل كمية الحرارة المفقودة ويتم هذا من خلال تجميع أشعة الشمس وتركيزها من ثم على سطح ماص ذي مساحة قليلة، ويستعمل هذا الأسلوب في المجمعات المعروفة باسم المجمعات

الشمسية المركزة.

أنواع المجمعات الشمسية الحرارية

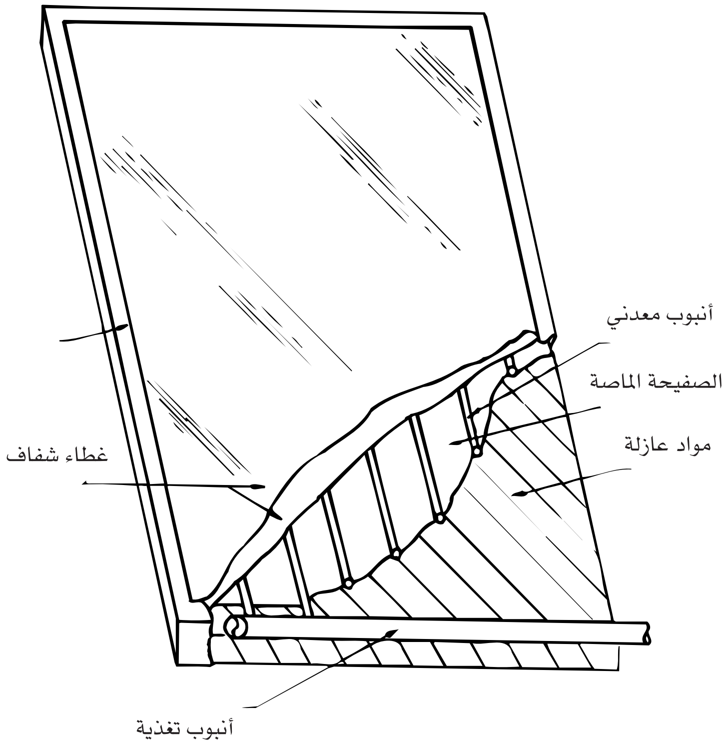
هناك ثلاثة أنواع رئيسية من المجمعات الشمسية الحرارية هي المجمعات المسطحة والمجمعات المركزة والمجمعات المفرغة، ويحتوي كل نوع على أشكال مختلفة، ولكل شكل خصائص مميزة تجعله ملائما لبعض الاستخدامات، وسنتناول أنواع المجمعات هذه بالتفصيل:

أ-المجمعات الشمسية المسطحة:

تعتبر المجمعات الشمسية المسطحة اكثر أنواع المجمعات شيوعا وذلك لسهولة تصنيعها وانخفاض سعرها بالمقارنة مع المجمعات الأخرى وبسبب تعدد استعمالاتها، ويشيع استعمال هذا النوع من المجمعات في تلك التطبيقات التي تتطلب الحصول على الطاقة الحرارية على درجات الحرارة المنخفضة نسبيا، أي درجات الحرارة التي لا تتعدى 90-100 درجة مئوية، والجدير بالذكر أن استعمالات الطاقة الحرارية على مثل هذه الدرجات المنخفضة كثيرة وشائعة الاستعمال وتلبي جزءا كبيرا من متطلبات البشر وللدلالة على حجم مثل هذه الاستعمالات نشير إلى الإحصاءات الخاصة بالاستخدام النهائي للطاقة في معظم الدول الصناعية حيث تدل هذه الإحصاءات على أن نسبة عالية من الاستهلاك العام للطاقة هو في الواقع طاقة حرارية على درجات حرارة لا تتعدى 100 درجة مئوية، فتسخين المياه للاستعمال المنزلي لا يتطلب رفع درجة حرارتها إلى اكثر من 50-60 درجة مئوية، أما تدفئة البيوت فانه يعني الاحتفاظ بدرجة حرارة الأجواء الداخلية على 20- 22 درجة مئوية ليس اكثر، وينطبق ذات الأمر على الحاجة إلى المياه الساخنة في العديد من العمليات الصناعية حيث لا يتطلب الأمر سوى الحاجة إلى مياه ساخنة على درجة حرارة أقل من درجة الغليان، وفي الدول ذات الأجواء الباردة فان تدفئة المنازل والبنايات وتسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية يشكل جزءا مهما من مجمل احتياجاتها من الطاقة.

وحتى بالنسبة للبلدان ذات الأجواء الحارة التي يحتاج توفير الأجواء الملائمة داخل البنايات فيها إلى استعمال معدات التبريد فان بالإمكان

توفير هذه الحاجة باستعمال معدات التبريد الشمسي التي لا تحتاج بدورها إلى مياه ساخنة على درجات حرارة ما بين 75-95 درجة مئوية كي تؤدي المهمة المطلوبة، والجدير بالذكر أن البلدان الحارة التي يشيع فيها استعمال معدات التبريد تستهلك جزءا كبيرا من الطاقة الكهربائية فيها لتشغيل هذه المعدات كما في الكويت والإمارات العربية المتحدة والسعودية وليبيا وغيرها، وهكذا يتضح الحجم الكبير للتطبيقات التي يمكن القيام بها بواسطة استعمال المجمعات الشمسية المسطحة.



شكل (6): مجمع شمسي مسطح

المجمع الشمسي المسطح غاية في البساطة والسهولة التكنولوجية إذ أن العمود الفقري لهذا المجمع هو الصفيحة الماصة التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة ونقلها من ثم إلى أحد الموائع، أما الأجزاء الأخرى لهذا المجمع فهي ليست سوى عوامل مساعدة لحفظ الصفيحة الماصة وضمان فعاليتها، يتكون المجمع الشمسي المسطح من صندوق خشبي أو معدني وله غطاء شفاف ويحوي في داخله الصفيحة الماصة وبعض المواد العازلة التي تعزل الصفيحة عن أجزاء الصندوق الأخرى، و يقوم الصندوق الخشبي أو المعدني بوظيفة حماية الصفيحة الماصة من التقلبات الجوية وتقليل آثار انتقال الحرارة كما أنه يشكل إطارا ملائما في التطبيقات العملية من حيث متطلبات الإنشاءات والتركيبات، وتظهر الأجزاء الأساسية للمجمع المسطح في الشكل رقم (6).

ا - الغطاء الشفاف:

هناك العديد من الأغطية الشفافة المستعملة في المجمعات الشمسية، غير أن الزجاج هو أكثرها شيوعا، ويسمح الزجاج-نظرا لشفافيته-للجزء الأكبر من أشعة الشمس بالنفاذ إلى داخل الصندوق والوصول إلى الصفيحة الماصة، وحين نقول إنه يسمح للجزء الأكبر من الأشعة الشمسية بالنفاذ فإننا نأخذ بعين الاعتبار حقيقة أن الزجاج يقوم بامتصاص جزء من أشعة الشمس الساقطة ويعكس جزءا آخر بينما يسمح للجزء الباقي بالنفاذ والوصول إلى الصفيحة الماصة، وبالنسبة لأغطية الزجاج المستعملة في المجمعات الشمسية المسطحة فإنها تسمح لحوالي 80-90٪ من أشعة الشمس بالنفاذ إلى داخل المجمع، بينما تقوم بامتصاص الجزء الآخر وعكسه.

قد يتبادر إلى ذهن القارئ سؤال عن الحاجة إلى غطاء الزجاج إذا كان يشكل عائقا أمام وصول كل الأشعة الشمسية إلى السطح الماص، والواقع أن الغطاء الزجاجي يلعب دورا مهما في حياة المجمع الشمسي فهو يحفظ السطح الماص من آثار الظواهر الطبيعية كالمطر والثلج والغبار والأتربة، وكذلك فان الغطاء الزجاجي يشكل عائقا أمام انتقال الحرارة من الصفيحة الماصة إلى الأجواء المحيطة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة فعالية المجمع، وبالإضافة إلى ما تقدم فان من خصائص الزجاج أنه يسمح للأشعة ذات الموجات القصيرة بالنفاذ من خلاله بينما يعترض طريق الأشعة ذات الموجات الطويلة ولا يسمح لها بالنفاذ، وتعرف هذه الخاصية باسم خاصية البيت الزجاجي أو البيت الأخضر (Green House Effect)، وهي الفكرة التي تقوم الزراعة المحمية في الأجواء الباردة على أساسها، حيث إن الجدران الزجاجية للمستنبتات تسمح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى الداخل ولكنها تعترض طريق الإشعاعات الحرارية ذات الموجات الطويلة التي تحاول الخروج مما يؤدي إلى الاحتفاظ بالحرارة داخل المستنبت، وينطبق الأمر ذاته على المجمعات الشمسية حيث يقوم الزجاج باعتراض طريق الموجات الحرارية الطويلة الصادرة من الصفيحة الماصة، ويحتفظ بها داخل المجمع لإعادة امتصاصها من قبل الصفيحة نفسها، هذا بالإضافة بالطبع إلى أن الزجاج يقلل من آثار انتقال الحرارة بوسائل الحمل والتوصيل.

إن استعمال الغطاء الزجاجي في المجمعات الشمسية ليس أمرا مطلقا

بل يعتمد على طبيعة التطبيقات المطلوب من المجمع القيام بها ويعتمد كذلك على الكلفة الاقتصادية وعلى الظروف المناخية السائدة، فمثلا هناك بعض المجمعات الشمسية المسطحة التي تستخدم لتسخين مياه حمامات السباحة والتي تقوم برفع درجة حرارة الحمامات بشكل تدريجي بحيث إن فارق درجة حرارة الماء ما بين دخوله وخروجه من المجمع لا تتعدى درجة أو درجتين مئويتين، ففي هذه الحالة لا يحتاج الأمر إلى استعمال الأغطية الزجاجة،ذلك أن فقدان الحرارة من المجمع ليس بذي أثر كبير ولا يوجد تبعا لذلك تبريرات اقتصادية لاستعمال الأغطية الزجاجية، ولكن في ظل ظروف أخرى، يجب استعمال غطاءين زجاجيين أو اكثر وذلك لتقليل كمية التسرب الحراري من الصفيحة الماصة إلى الأجواء المحيطة، ويشيع تعدد الأغطية الزجاجة في تلك الظروف التي يوجد فيها فروق كبيرة في درجات الحرارة بين الصفيحة الماصة والأجواء المحيطة.

وتختلف خصائص الأغطية الزجاجية للمجمعات الشمسية بعض الشيء عن زجاج النوافذ، ففي أغطية المجمعات الشمسية يتم التخلص من معظم الشوائب لزيادة شفافية الزجاج وبالتالي زيادة كمية الأشعة النافذة إلى داخل المجمع وتقليل كمية الجزء الممتص أو المنعكس، وإضافة إلى ما تقدم فانه يتم التخلص من الشوائب الحديدية في الزجاج وذلك من أجل زيادة مقاومة الزجاج للاجهادات الحرارية، وفي العادة تكون أغطية المجمعات الشمسية أكثر متانة من الزجاج العادي وذلك لمقاومة الصدمات والظواهر الطبيعية.

2- الصفيحة الماصة:

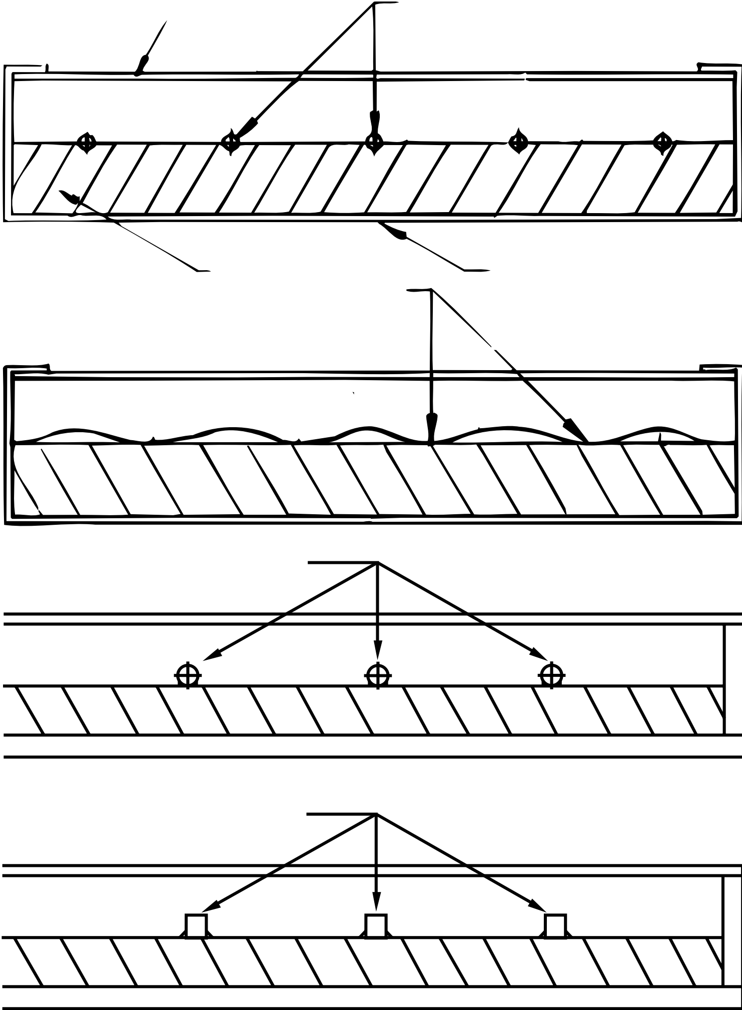
الصفيحة الماصة هي العمود الفقري للمجمع الشمسي ذلك أنها تقوم بامتصاص أشعة الشمس حيث ينتج عن ذلك المفعول الحراري المتمثل بارتفاع درجة حرارة الصفيحة، ومن ثم تنتقل الحرارة عبر الصفيحة إلى أحد الموائع الذي يسخن بدوره وترتفع درجة حرارته.

الصفيحة الماصة هي صفيحة معدنية في العادة وتصنع من النحاس أو الألمنيوم أو الحديد حسب ما تقتضيه الاعتبارات العلمية والعملية والاقتصادية، وقد جرت محاولات لصناعة هذه الصفائح من المواد

البلاستيكية في محاولة لتقليل الكلفة الاقتصادية غير أنها لم تلاق نجاحا كبيرا، ويعتبر النحاس أفضل المواد السابقة من وجهة نظر انتقال الحرارة ذلك أن معامل انتقال الحرارة في النحاس اكبر منه في المواد الأخرى، أما الألمنيوم فانه أخف المواد الثلاثة وزنا وينقل حوالي 55٪ مما ينقله النحاس من حرارة. أما الحديد فإنه أكثرها متانة ولا ينقل إلاّ ما يعادل 15٪ مما ينقله النحاس من حرارة، إلاّ أن انتقال الحرارة ليس هو العامل الوحيد الذي يحكم طبيعة المواد المستعملة في صناعة الصفائح الماصة رغم الأهمية الكبيرة لهذا العامل، فهناك مثلا الكلفة الاقتصادية لصناعة الصفائح من المواد المختلفة وهو الأمر الذي يؤثر على الجدوى الاقتصادية لصناعة المجمعات الشمسية، وإذا أخذنا هذا الجانب بعين الاعتبار نجد أن النحاس أغلى المواد الثلاثة ثمنا، إضافة إلى أن أسعاره تتغير باستمرار صعودا وهبوطا، ومن جانب آخر فان الصفائح المصنوعة من النحاس والحديد تحتاج إلى عمليات اللحام الشائعة بينما تحتاج الصفائح المصنوعة من الألمنيوم إلى عمليات ميكانيكية خاصة، وإضافة إلى ما تقدم هناك أيضا خصائص المواد المختلفة في مقاومة آثار الظواهر الطبيعية كالحرارة العالية والرطوبة وتأثير هذه الظواهر على فعالية الصفائح على المدى الطويل، وعند تقرير أي المواد يحسن استعمالها في صناعة الصفائح فان كل العوامل السابقة تؤخذ بعين الاعتبار.

ومن أجل أن تقوم الصفيحة الماصة بنقل الحرارة المكتسبة من الإشعاع الشمسي إلى أحد الموائع لابد أن تصمم بطريقة تسمح للمائع المذكور باكتساب الحرارة من الصفيحة، وهناك العديد من التصاميم الشائعة والمستعملة في المجمعات الشمسية المسطحة والتي تهدف جميعا إلى تسهيل انتقال الحرارة من الصفيحة إلى المائع كما يظهر في الشكل رقم (7)، ففي بعض هذه التصاميم تتكون الصفيحة الماصة من طبقتين معدنيتين رقيقتين تحصران بينهما مجاري يمر خلالها السائل المراد تسخينه وفي تصاميم أخرى تحصر الطبقتان بينهما مجرى واحدا عريضا كما في المجمعات الشمسية المستخدمة في تسخين الهواء، وفي تصاميم أخرى يتم لحام بعض الأنابيب الأسطوانية أو المربعة المقطع بسطح الصفيحة الماصة وذلك لنقل الحرارة من الصفيحة إلى الأنبوب فالسائل الذي يمر في الأنبوب،

وحين اللجوء إلى استخدام الأنابيب فيجب العمل على ضمان أن يلتصق سطح الأنبوب بسطح الصفيحة بحيث لا تتشكل فراغات بينهما تعيق انتقال الحرارة.



شكل (7): قطاع عرضي للصفائح الماصة في المجمعات المسطحة

تتطلب صناعة الصفائح الماصة الملائمة لتطبيقات الطاقة الشمسية تحسين خصائص أسطحها الضوئية فيما يتعلق بامتصاص الضوء وابتعاثه، فالمعلوم أن الأجسام المادية تمتص الضوء وتبعثه، فهي مثلا تمتص الموجات الضوئية القصيرة وتنبعث منها الموجات الطويلة الحرارية الطابع، وللأجسام المادية خاصية أخرى وهي أن معاملي الامتصاص والابتعاث يتساويان عند طول موجة معينة بينما يختلف هذان العاملان عند الموجات ذات الأطوال الأخرى، وبالنسبة للأسطح المطلية بالطلاء الأسود فان معاملي الامتصاص والابتعاث يتساويان في جميع موجات الطيف الشمسي (طول الموجة 0,3 ميكرون أو أكثر). ولأجل تحسين خصائص الصفائح الماصة فان الأمر يتطلب تعديل خصائص أسطحها بحيث تزداد قدراتها على امتصاص أشعة الشمس وتقلل إمكانات الابتعاث منها، فالصفائح حين تمتص أشعة الشمس ترتفع درجة حرارتها وتأخذ ببعث الأشعة تحت الحمراء التي تبعثها الأجسام الحارة، وعلى ذلك فان تحسين خصائص أسطح الصفائح الماصة يقتضي زيادة كفاءة امتصاصها للأشعة ذات الموجات القصيرة (الأشعة الشمسية) وتقليل كفاءة ابتعاث الأشعة الطويلة (إشعاعات الأجسام الحارة). وبهذا تقوم الصفائح بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة دون أن تفقد الكثير بالمقابل مما يؤدي إلى رفع درجة حرارتها وبالتالي توفر مخزونا حراريا ينتقل إلى الموائع التي تلامس سطح الصفيحة، ومن أجل تحقيق هذا الهدف يتم طلاء أسطح الصفائح الماصة بطلاءات خاصة تمتلك خصائص تحسين الامتصاص وتقليل الابتعاث، وتعرف الأسطح التي تمتلك مثل هذه الخصائص بالأسطح الانتقائية Selective Surfaces ومن المواد الشائعة الاستعمال في هذا المجال كطلاءات للصفائح الماصة الكروم الأسود والنيكل الأسود وأوكسيد النحاس وأوكسيد الحديد. وبالنسبة للطلاءين الأول والثاني يزيد معامل الامتصاص عن 0,9 بينما يتراوح معامل الابتعاث بين 0,1 -0,15.

3- المواد العازلة:

إن الهدف من استعمال المواد العازلة هو العزل بين الصفيحة الماصة والصندوق الحاوي وتقليل انتقال الحرارة من الأول إلى الثاني، فبسبب

امتصاص الصفيحة لأشعة الشمس ترتفع درجة حرارتها إلى أعلى من درجة حرارة الصندوق الذي يحويها، وتتشكل بالتالي الظروف المواتية لانتقال الحرارة من الصفيحة إلى الصندوق ومن ثم إلى الخارج، وإذا لم يتم التغلب على هذه الظاهرة وتقليل آثارها فإن قسما كبيرا من الحرارة التي تكتسبها الصفيحة الماصة تنتقل إلى الخارج الأمر الذي يؤدي إلى تقليل كفاءة المجمع الشمسي، وفي التصميم الشائعة للمجمعات الشمسية المسطحة يتم عزل كل أسطح الصندوق الداخلية وذلك لتقليل انتقال الحرارة إليها من الصفيحة الماصة إلى الحدود الدنيا، ويتم هذا بالطبع ضمن المعطيات الاقتصادية المقبولة بحيث لا يزداد سمك المواد العازلة إلى الدرجة التي تجعل كلفتها عالية، وفي معظم المجمعات الشمسية التجارية يتراوح سمك المواد العازلة ما بين 15-25 ملم. ولعل أهم أنواع المواد العازلة المستعملة في المجمعات الشمسية المسطحة هي الألياف الزجاجية والألياف المعدنية والصوف الصخري والعوازل الرغوية، وتختلف الخصائص الحرارية والتركيبية والكلفة الاقتصادية لهذه العوازل المختلفة مما يمنح كلا منها بعض المميزات في تطبيقات معينة، فبعضها يمتلك خاصية انخفاض معامل انتقال الحرارة داخله، والبعض الآخر لا تتأثر خصائصه الحرارية بالرطوبة أو الحرارة العالية بينما يكون سعر البعض الآخر منخفضا، وبشكل عام يشيع استعمال الألياف الزجاجية والعوازل الرغوية في العديد من المجمعات الشمسية المسطحة المتوفرة بشكل تجاري.

هذه هي الأجزاء الرئيسية للمجمع الشمسي المسطح وهي كما نرى بسيطة وغير معقدة، وإمكان تصنيعها محليا متوفرة في معظم دول العالم بغض النظر عن المستويات التكنولوجية السائدة فيها، والواقع أن تصنيع المجمعات الشمسية واستخدامها في تسخين الماء أخذ ينتشر في بعض الدول العربية كالأردن ولبنان وسوريا ومصر وفلسطين، وفي هذه الدول تقوم الورش الميكانيكية الصغيرة بتصنيع أجهزة تسخين المياه بالطاقة الشمسية اعتمادا على ما يتوفر في أسواقها من مواد ملائمة، ورغم أن المجمعات الشمسية التي تصنعها الورش الصغيرة يشوبها بعض النواقص التكنولوجية إلا أنها مع ذلك أثبتت نجاحها في تسخين المياه بالطاقة الشمسية.

وقبل أن ننتقل إلى الحديث عن نوع آخر من المجمعات الشمسية تجدر بنا الإشارة إلى أن المجمعات الشمسية المسطحة تقوم بامتصاص كل الأشعة التي تسقط على الصفيحة الماصة مادامت أطوال الموجات تقع في المجال الذي يمكن للسطح الانتقائي امتصاص موجاته، ولا يؤثر في هذا المجال ما إذا كان الإشعاع الساقط على سطح المجمع إشعاعا مباشرا أو إشعاعا منتشرا فالصفيحة الماصة تعمل على الاستفادة من كل الأشعة التي تصلها، وتعتبر هذه الخاصة من الجوانب الإيجابية للمجمعات المسطحة مقارنة بأنواع المجمعات الأخرى التي سيرد ذكرها، ومن جانب آخر فان هناك بعض النواقص أو السلبيات في المجمعات الشمسية المسطحة والمتمثلة في أن كفاءة المجمع المسطح تتأثر كثيرا مع ارتفاع درجة حرارة السائل المراد تسخينه، فقد رأينا أثناء مناقشتنا للجوانب النظرية للمجمعات الشمسية أن مقدار الحرارة المفقودة من المجمع تتناسب طرديا مع فرق درجات الحرارة بين الصفيحة الماصة والجو المحيط بالمجمع، وعلى ذلك فكلما ارتفعت درجة حرارة الصفيحة ازداد فقدان الحرارة وانخفضت كفاءة المجمع، ومن جانب آخر فان المساحة الكبيرة لسطح الصفيحة الماصة تؤدي أيضا إلى زيادة فقدان الحرارة ذلك أن هذا يتناسب طرديا أيضا مع مساحة السطح، وعلى ذلك فان المجمعات المسطحة تصلح للتطبيقات التي تعمل على درجات الحرارة المنخفضة نسبيا، أي تلك التي نحتاج فيها إلى درجات حرارة أقل من 100 درجة مئوية، وهي تطبيقات عديدة ومهمة. وفي التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة أعلى من درجة الغليان أو تتطلب إنتاج بخار على ضغوط منخفضة فان المجمعات المسطحة تفقد الكثير من خصائصها و يتطلب الأمر استخدام مجمعات أخرى أكثر ملاءمة لهذا النوع من التطبيقات كالمجمعات الشمسية المركزة.

ب-المجمعات الشمسية المركزة: Solar Concentrating Collectors

تستعمل المجمعات الشمسية المركزة في التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة أعلى من درجة الغليان رغم أنه من الواضح أنه يمكن استعمالها في التطبيقات ذات درجات الحرارة المنخفضة أيضا. ولأجل تحقيق درجات

الحرارة العالية المطلوبة فان الأمر يقتضي تركيز كمية كبيرة من أشعة الشمس على مساحة صغيرة، ومن هنا تأتي الصفة التي تطلق على هذا النوع من المجمعات بأنها مجمعات مركزة، ولا تقتصر الجوانب الإيجابية لهذه المجمعات على تركيز أشعة الشمس على مساحة صغيرة بل إن صغر مساحة السطح المستقبل للإشعاع تعني صغر المساحة الفاقدة للحرارة، وبالتالي فان المجمعات المركزة تحقق هدفي تركيز الإشعاع الشمسي بحيث يمكن رفع درجة حرارة السوائل المراد تسخينها كثيرا وتقليل مساحة السطح الفاقد للحرارة، ولكن من الجانب الآخر تعني درجة الحرارة المرتفعة للسطح المستقبل للإشعاع الشمسي ازدياد الفارق في درجات الحرارة بين السطح والأجواء المحيطة وهو الأمر الذي يزيد من انتقال الحرارة، ومن هذا فان التجارب التي أجريت على المجمعات المركزة أثبتت أنه بالإمكان رفع درجة حرارة السوائل بواسطتها إلى 500 درجة مئوية أو اكثر وعلى مثل هذه الدرجات العالية فان بالإمكان إنتاج البخار على ضغوط مرتفعة نسبيا واستخدامها في العمليات الصناعية المختلفة، كما يمكن تبخير الغازات العضوية أو الماء واستخدامها في تشغيل التوربينات لإنتاج الطاقة الكهربائية.

من الخصائص المميزة للمجمعات المركزة أنها لا تستفيد إلا من الإشعاع الشمسي المباشر فقط، وأما الإشعاع المنتشر فهو ليس ذا فائدة في حالة هذه المجمعات، بعكس المجمعات الشمسية المسطحة التي تستفيد من كلا الإشعاعيين، وتبعا لذلك فان زيادة كفاءة هذه المجمعات يتطلب أن يتوفر فيها من الوسائل ما يكفل أن تتحرك أجزاؤها العاكسة للإشعاع الشمسي بحيث تتبع حركة الشمس وتستقبل اكبر كمية من الإشعاع المباشر، والحاجة إلى هذه الوسائل يزيد من التعقيدات التكنولوجية المتعلقة بهذه المجمعات غير أنه لا غنى عنها لأجل زيادة كفاءتها، وبالنتيجة فان المعطيات السابقة تقتضي أن توضع المجمعات المركزة في الاستعمالات الملائمة التي تبرر التعقيدات التكنولوجية والمشاكل العملية والكلفة الاقتصادية لهذه المجمعات.

إن الأجزاء الأساسية في المجمعات الشمسية المركزة هي:

ا- السطح العاكس للإشعاع الشمسي، وهو الذي يقوم بعكس أشعة الشمس المباشرة الساقطة عليه وتركيزها في نقطة بؤرية أو على طول خط بؤري.

2- السطح الماص للإشعاع المنعكس، وهو الذي يقوم باستقبال الإشعاع الشمسي المنعكس وامتصاص التأثير الحراري ومن ثم نقله إلى السائل المراد تسخينه، وفي العادة يتخذ السطح الماص شكلا كرويا ويقع في المركز البؤري للسطح العاكس أو قد يتخذ شكل أنبوب يمر فيه السائل المراد تسخينه ويقع على طول الخط البؤري للسطح العاكس.

3- جهاز التحكم في حركة السطح العاكس بحيث يتبع حركة الشمس لزيادة كمية الإشعاع المباشر الساقط على السطح العاكس. تكون الأسطح العاكسة في معظم المجمعات المركزة من النوع المقعر (رغم أن بعضها يكون مسطحا) وتتخذ شكل القطع المكافئ Parabola، كأن تكون جزءا من اسطوانة أو جزءا من كرة، وفي بعض أشكال المجمعات المركزة تتكون الأسطح العاكسة من مرايا مسطحة ترتب بطريقة معينة بحيث تعكس أشعة الشمس على السطح الماص المستقبل للأشعة المنعكسة.

وتتطلب صناعة المجمعات الشمسية المركزة استعمال المواد الملائمة لعكس الأشعة الشمسية على السطح العاكس وامتصاصها على السطح الماص. وعلى ذلك تصنع الأسطح العاكسة من مواد تتمتع بخصائص عكس معظم الإشعاع الشمسي الساقط وتقليل كمية الإشعاع الممتص، هذا بالإضافة إلى ضرورة أن تتوفر الخصائص الهندسية الملائمة في السطح العاكس التي تمكن من تركيز الأشعة المنعكسة على نقطة بؤرية أو على طول خط بؤري حسب التصميم الملائم. ومن جانب آخر فمن الضروري أن يتمتع السطح الماص بخصائص ملائمة لامتصاص الأشعة المنعكسة، بمعنى أن يتمتع بخصائص الأسطح الانتقائية كما ورد سابقا. وتتخذ المجمعات الشمسية المركزة أشكالا عديدة تشترك جميعها في الخصائص الأساسية لهذا النوع من المجمعات لكنها تختلف من حيث الشكل الهندسي، و ينجم عن هذا الاختلاف أن درجة الحرارة القصوى التي يمكن الحصول عليها تختلف من مجمع إلى آخر، وأما اكثر أشكال المجمعات المركزة شيوعا فهي:

1- المجمع الشمسي المركز المركب: Compound Parabolic Concentrator

يتكون السطح العاكس للمجمع الشمسي المركز المركب من قطاعين متماثلين يتخذ كل منهما شكل القطع المكافئ، ويعكس هذان السطحان

الأشعة الساقطة عليهما على طول خط بؤري يمر في أنبوب يحمل السائل المراد تسخينه، ومن الخصائص الهندسية لهذا المجمع زاوية تعرف باسم زاوية القبول Acceptance Angle وهي الزاوية المحصورة بين خطين يصل كل منهما بين الطرف العلوي للمجمع ونقطة تماس على سطح الأنبوب المار في الخط البؤري كما يبدو في الشكل رقم (8)، وتتبع أهمية هذه الزاوية من أن الإشعاع الشمسي الساقط خلالها ينعكس على الأنبوب الماص ولا ينتشر خارج المجمع، وحين تكون زاوية القبول كبيرة نسبيا فإنها تغني عن استعمال أجهزة التحكم في حركة السطح العاكس لتتبع حركة الشمس خاصة إذا ما تم تركيب المجمع على زاوية ميل ملائمة بحيث يكون المستوى المار في المجمع باتجاه شرق-غرب.

من المؤشرات المهمة في المجمعات الشمسية المركزة ما يعرف بنسبة التركيز وهي النسبة بين مساحة مقطع السطح العاكس الذي تسقط عليه أشعة الشمس إلى مساحة مقطع الأنبوب أو الجسم الذي يسقط عليه الإشعاع المنعكس، وكلما ارتفعت هذه النسبة كلما أصبح بالإمكان رفع درجة حرارة السائل إلى درجات أعلى ذلك أنه يتم تركيز كمية اكبر من الإشعاع على مساحة صغيرة، وبالنسبة للمجمع المركز المركب فان نسبة التركيز هي نسبة مساحة فتحة السطح العاكس الذي تدخل أشعة الشمس من خلاله إلى مساحة المقطع الطولي للأنبوب الذي يمر السائل خلاله. وتساوي هذه النسبة طول المسافة بين الطرفين العلويين للسطح العاكس مقسوما على قطر الأنبوب.

في بعض تصاميم المجمعات المركزة المركبة يستبدل بالأنبوب المعدني الحامل للسائل أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء يمر فيه أنبوب معدني يحمل السائل المراد تسخينه، والهدف من استعمال الأنابيب الزجاجية المفرغة هو تقليل انتقال الحرارة بالحمل والتوصيل إلى أقل درجة ممكنة ذلك أن انتقال الحرارة بالحمل والتوصيل يحتاج إلى وسط مادي، وسنأتي على المزيد من التفاصيل حين نتحدث عن المجمعات الشمسية المفرغة.

2- مجمع الطبق المركز:

يكون السطح العاكس لمجمع الطبق المركز مقعرا وهو أشبه ما يكون

بالمرآة المقعرة ويتخذ قطاعه العرضي شكل الدائرة كما في الشكل رقم(8)، يقوم السطح العاكس بتركيز أشعة الشمس على نقطة بؤرية يثبت فيها جسم كروي يقوم بامتصاص الإشعاع المنعكس ويمر خلاله أنبوب يحمل سائلا، ونظرا لصغر مساحة مقطع الجسم الكروي بالمقارنة مع مساحة مقطع السطح العاكس الذي تسقط عليه أشعة الشمس فان نسبة التركيز في هذا النوع من المجمعات تكون عالية جدا وقد تصل إلى 1000 م^2 ونتيجة لشدة التركيز هذه فانه، بالإمكان رفع درجة حرارة السائل إلى درجات حرارة مرتفعة تصل إلى حوالي 1000 درجة مئوية، ونظرا لارتفاع درجة الحرارة فان هذا النوع من المجمعات يصلح لإنتاج البخار للعمليات الصناعية ولتوليد الطاقة الكهربائية.

يحتوي مجمع الطبق المركز على جهاز تحكم يقوم بتحريك السطح العاكس بحيث يتبع حركة الشمس لاستقبال اكبر كمية ممكنة من الإشعاع المباشر، ويحتاج هذا النوع من المجمعات إلى جهازي تحكم يقوم أحدهما بتتبع حركة الشمس اليومية بينما يقوم الجهاز الآخر بتتبع التغير الفصلي في موقع الشمس بالنسبة للأرض.

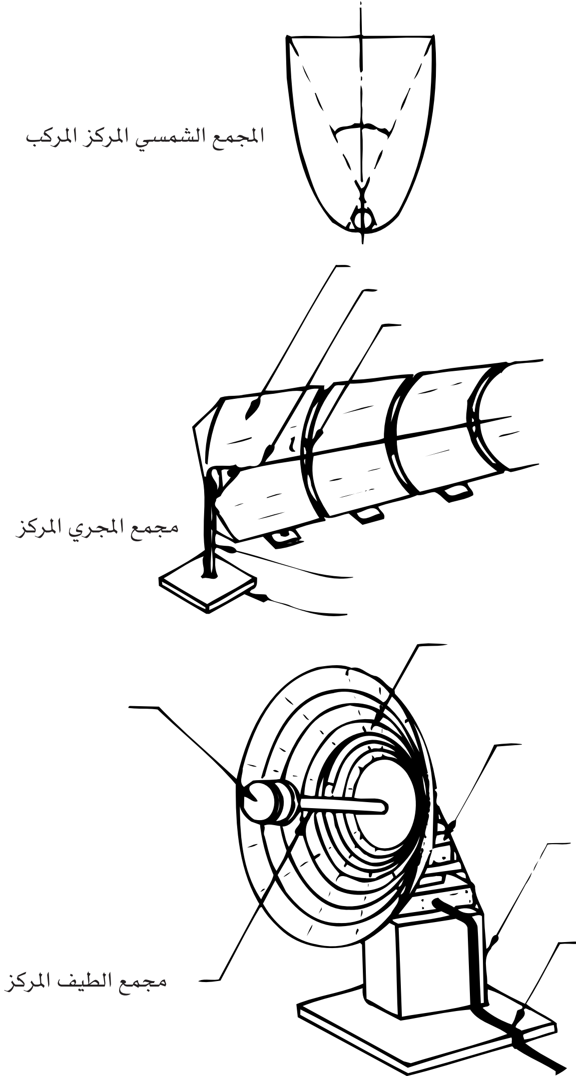
3- مجمع المجرى المركز:

يتكون مجمع المجرى المركز من سطح عاكس متحرك وأنبوب ثابت يمر على طول الخط البؤري كما في الشكل رقم(8). يكون السطح العاكس مقعرا ويتخذ شكل جزء من أسطوانة، وكما في الأشكال السابقة من المجمعات المركزة يقوم السطح العاكس بتركيز الأشعة الساقطة على الأنبوب الحامل للسائل، ويتحرك هذا السطح بحيث يتبع حركة الشمس اليومية فقط دون أخذ تغير موقع الشمس الفصلي بعين الاعتبار.

تتراوح نسبة التركيز في هذا النوع من المجمعات ما بين 20-60 وهو لذلك يصلح للتطبيقات التي تتطلب درجات حرارة في المدى المتوسط (150-300 درجة مئوية).

هناك أشكال أخرى من المجمعات المركزة كتلك التي تستعمل مجموعة من المرايا المسطحة التي تقوم جميعها بعكس أشعة الشمس على نقطة بؤرية أو التي تتخذ شكل نصف كرة أو نصف اسطوانة. وتختلف نسبة

التركيز من مجمع إلى آخر وتختلف تبعا لذلك درجة الحرارة التي يمكن الحصول عليها في المجمعات المختلفة.



شكل(8): المجمعات الشمسية المركزة

جـ- المجمعات الشمسية المفرغة:

رأينا أن تصاميم المجمعات الشمسية المركزة تؤدي إلى تقليل مساحة السطح الفاقد للحرارة وذلك لتقليل كمية الحرارة المفقودة من السطح الماص إلى الجو المحيط ولكن نتيجة لارتفاع درجة حرارة السطح الماص فانه يفقد كمية من الحرارة تتناسب وفارق درجات الحرارة بين السطح والجو المحيط، وبهذا فانه لا يتم التغلب على مشكلة فقدان الحرارة بالحمل بل يجري تقليل مفعولها.

وتتغلب المجمعات الشمسية المفرغة على هذه المشكلة بواسطة إلغاء الوسط المادي الذي تنتقل الحرارة خلاله وهو الهواء، و يتم ذلك بواسطة تثبيت الأنبوب الحامل للسائل داخل اسطوانة زجاجية مقفلة ومفرغة من الهواء في ذات الوقت، ونتيجة لقدرة الضوء على الانتقال في الفراغ فان تفريغ الاسطوانة الزجاجية من الهواء لا يقف عثرة أمام وصول أشعة الشمس إلى السطح الماص داخلها، فالاسطوانة الزجاجية المفرغة تسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى السطح الماص لكنها تمنع انتقال الحرارة بالحمل من السطح الماص إلى الخارج.

ما تقدم لا يعني أن المجمعات المفرغة لا تفقد جزءا من الحرارة المكتسبة بل يعني أنه يتم التغلب على فقدان الحرارة بالحمل فقط، و يبقى أن المجمعات المفرغة تفقد بعض حرارتها بواسطة التوصيل والإشعاع، و يتم فقدان الحرارة بالتوصيل عند طرفي الأنبوب الزجاجي عند نقطة دخول وخروج الأنبوب الحامل للسائل، غير أن كمية الحرارة المفقودة بالتوصيل عادة ما تكون قليلة خاصة إذا ما استعملت العوازل الحرارية بين الاسطوانة الزجاجية والأنبوب المعدني، وبذلك يبقى فقدان الحرارة بالإشعاع هو المصدر الرئيسي للحرارة المفقودة إضافة إلى ما ينعكس في أشعة الشمس على السطح الماص نفسه، وتبلغ نسبة الحرارة المفقودة بواسطة الإشعاع والانعكاس عن السطح الماص 15-20٪ من قيمة الإشعاع الواصل إلى السطح الماص.

إن اختيار الشكل الأسطواني للأنبوبة الزجاجية المفرغة من الهواء ليس أمرا عشوائيا بل يهدف إلى تقليل الضغط الواقع على وحدة المساحة من سطح الأنبوبة الزجاجية نتيجة لاختلاف الضغوط على جانبيها (الضغط الجوي على السطح الخارجي والفراغ على السطح الداخلي).

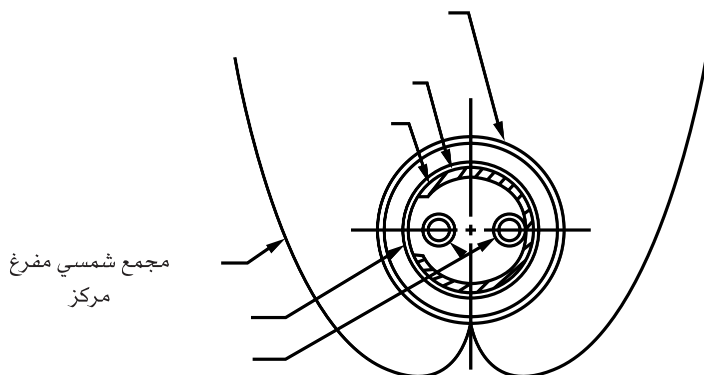
كما في المجمعات الشمسية المسطحة والمركزة كذلك في المجمعات المفرغة هناك عدة أشكال وتصاميم شائعة، ففي بعض هذه المجمعات يدخل الأنبوب المعدني من طرف ويخرج من الطرف الآخر، وأما في البعض الآخر فان الأنبوب المعدني يدخل ويخرج من نفس الطرف وبذلك يأخذ شكل داخل الاسطوانة الزجاجية، كذلك تختلف تصاميم الأسطح الماصة في المجمعات المفرغة، وأهم التصاميم الشائعة هي:

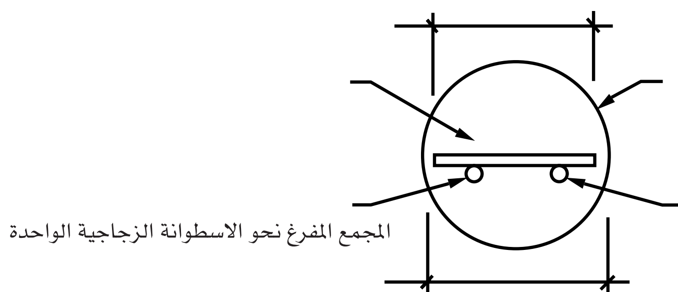
1- المجمع المفرغ ذو الاسطوانتين الزجاجيتين: يتكون هذا المجمع من اسطوانتين زجاجيتين وأنبوب معدني يحمل السائل المراد تسخينه، تكون الاسطوانة الزجاجية الخارجية من النوع الشفاف الذي يسمح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى الداخل، أما الاسطوانة الزجاجية الداخلية فيطلى سطحها الخارجي بأحد الطلاءات التي تجعل منه سطحا انتقائيا لرفع كفاءة امتصاص أشعة الشمس بينما يثبت لوح رقيق من النحاس في جدارها الداخلي، وبالنسبة للمسافة الفاصلة بين الاسطوانتين فإنها تفرغ من الهواء لمنع انتقال الحرارة بالحمل من الاسطوانة الداخلية إلى الخارج.

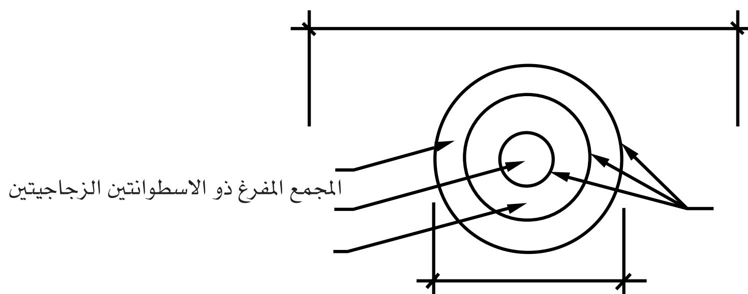
يمر أنبوب معدني في الاسطوانة الداخلية بحيث يكون ملتصقا بلوح النحاس المثبت على السطح الداخلي للاسطوانة الزجاجية الداخلية، فعند وصول أشعة الشمس إلى السطح الانتقائي للاسطوانة الداخلية يقوم بامتصاصها وتحويلها إلى حرارة تنتقل عبر جدار الاسطوانة إلى لوح النحاس ومن ثم إلى الأنبوب فالسائل المار داخله مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة السائل، في الشكل رقم (9) نقدم مقطعا عرضيا لهذا المجمع.

2- المجمع المفرغ ذو الاسطوانة الزجاجية الواحدة: يتكون هذا المجمع من اسطوانة زجاجية شفافة ومفرغة من الهواء ويمر خلالها أنبوب معدني مثبت على صفيحة معدنية، يطلى سطح الصفيحة المعدنية المواجهة للإشعاع الشمسي بطلاء يجعل منه سطحا انتقائيا لرفع كفاءة امتصاصه للإشعاع الشمسي، فعند مرور أشعة الشمس خلال جدار الاسطوانة الزجاجية يقوم السطح الانتقائي للصفيحة بامتصاصها ونقل التأثير الحراري من ثم إلى الأنبوب المعدني فالسائل المار فيه، الأمر الذي يؤدي إلى رفع درجة حرارة السائل، وفي الشكل رقم (9) نقدم مقطعا عرضيا لهذا المجمع.

هناك تصاميم أخرى من المجمعات الشمسية المفرغة التي تستعمل







شكل(9): المجمعات الشمسية المفرغة

أنابيب زجاجية بدل الأنابيب المعدنية غير أنها ليست شائعة الاستعمال كالشكلين السالف ذكرهما، على أنه تجدر الإشارة إلى أن المجمعات المفرغة لا تخلو من بعض الجوانب السلبية الناجمة عن اعتبارات التصميم أو الاعتبارات العملية، فالمجمع الشمسي المفرغ يتكون في العادة من مجموعة من الأنابيب المفرغة التي تفصل بينها مسافات قصيرة (فراغات) وهذه لا تستفيد من الإشعاع الشمسي الساقط عليها، ولذلك فان السطوح الانتقائية لا تستفيد من كل الإشعاع الساقط على المساحة الكلية التي يشغلها المجمع، وفي محاولة للتغلب على هذه العقبة يجري تثبيت الاسطوانة المفرغة على الخط البؤري للسطح العاكس لمجمع مركز بحيث تكون مجموعة الأسطح العاكسة المستعملة متراصة ولا فراغات بينها، وبهذا تتم الاستفادة من الإشعاع الساقط على المساحة الكلية التي يشغلها المجمع المفرغ، أما الجانب السلبي الآخر فيتعلق بنقطة اتصال الأنبوب المعدني بالاسطوانة الزجاجية، إذ تعتبر نقطة الاتصال هذه حلقة ضعيفة في التصميم تنجم عنها بعض المشكلات العملية التي قد تؤدي إلى تسرب الهواء إلى داخل الاسطوانة وربما إلى كسر الاسطوانة نفسها نتيجة لاختلاف معامل تمدد الأنبوب المعدني والاسطوانة الزجاجية.

مقارنة بين المجمعات الشمسية:

تطرقنا في الصفحات السابقة للأنواع الثلاثة الشائعة من المجمعات الشمسية وهي المجمعات المسطحة والمركزة والمفرغة من حيث التركيب والتصميم والخصائص العلمية والهندسية لكل منها، وفي العادة حين يتوفر اكثر من خيار أمام الإنسان لتأدية هدف معين فان عليه اختيار الوسيلة الملائمة ذات الفعالية لتأدية الغرض المطلوب، فالمجمعات الشمسية بأنواعها وأشكالها المختلفة تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية على درجات حرارة مختلفة وبكفاءات مختلفة وتكاليف اقتصادية مختلفة، ومن هنا يجب على الشخص المهتم أو المختص أن يعمل مفاضلة بين أنواع المجمعات المختلفة لتحقيق الغرض المطلوب بكفاءة وفعالية عالية.

من الضروري في البداية أن يعرف المرء خصائص الطاقة التي يحتاجها، و بالنسبة لاستعمالات الطاقة الحرارية فان الجانب المهم هو معرفة نوع

الطاقة المطلوبة بمعنى كونها طاقة حرارية على درجة حرارة منخفضة أو متوسطة أو عالية، إن معرفة درجة الحرارة المطلوبة لتأدية غرض معين تضعنا على بداية الطريق نحو اختيار المجمع المناسب، فلو فرضنا أننا بحاجة لإنتاج بخار الماء على درجات حرارة عالية وضغوط مرتفعة لاستعماله في العمليات الصناعية أو في توليد الطاقة الكهربائية فان هذا يفرض بصورة تلقائية ضرورة غض النظر عن المجمعات المسطحة والبحث عن المجمعات المركزة، وبعدها يبدأ البحث عن اكثر المجمعات المركزة ملاءمة للغرض المطلوب، أما إذا كنا نتكلم عن الحاجة لتسخين المياه لأغراض التدفئة وأغراض الاستعمالات المنزلية فان هذا يعني تلقائيا غض النظر عن المجمعات المركزة ذات نسب التركيز العالية، ولا يكمن السبب في ذلك في أن المجمعات المركزة لا يمكنها إنتاج مثل درجات الحرارة تلك بل في أن هذا النوع من المجمعات يمكنه إنتاج نوعية أفضل من الطاقة بحيث تسقط التبريرات العلمية والعملية والاقتصادية لاستعمال المجمعات المركزة في إنتاج طاقة حرارية على درجات حرارة منخفضة.

في بعض التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية تبرز الحاجة إلى إنتاج طاقة حرارية على درجة حرارة قريبة من درجة الغليان (80-90 درجة مئوية) كاستعمالات المياه الحارة في العمليات الصناعية وفي تقطير المياه أو التبريد، وعلى مثل درجة الحرارة هذه يصبح اختيار المجمع الشمسي الملائم اكثر صعوبة، فبالنسبة للمجمعات المسطحة فان كفاءتها تنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة المطلوبة، وأما بالنسبة للمجمعات المركزة فان بعضها يلائم إنتاج الطاقة الحرارية على مثل هذه الدرجات، وكذلك الأمر بالنسبة للمجمعات المفرغة التي تتمتع بمزايا عديدة تجعلها في موضع المنافس للمجمعات الأخرى.

حين تبرز مثل هذه الحاجة يتطلب الأمر دراسة تفصيلية تأخذ بعين الاعتبار خصائص الإشعاع الشمسي والظروف المناخية في المنطقة موضع الاهتمام والتكلفة الاقتصادية للمجمعات المختلفة وتكلفة التركيب والصيانة خلال عمر المشروع، وبالإضافة إلى ذلك فقد تظهر هناك بعض الضرورات المعمارية (خاصة في التطبيقات السكنية) التي تحبذ استعمال نوع من المجمعات بدل الأنواع الأخرى لاعتبارات جمالية أو بسبب ثقل المجمعات أو

المساحة المتوفرة لتركيبها، ولا بأس والحالة هذه أن يؤخذ الجانب الاقتصادي كأحد العوامل الأساسية في اختيار المجمع الملائم وذلك بحساب تكلفة وحدة الحرارة في الأنواع المختلفة من المجمعات، وفي الواقع يكون النظر إلى المسألة من الجانب الاقتصادي عادة هو العامل الفعال الذي يؤخذ بعين الاعتبار في معظم التطبيقات للإفادة من الطاقة الشمسية، وهو بدون شك السبب الأساسي وراء انتشار استعمال التطبيقات الحرارية بدل إنتاج الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الشمسية واستعمال الكهرباء الناتجة من ثم في التطبيقات المختلفة.

من جانب آخر، لو افترضنا أن الإشعاع المنتشر يشكل نسبة عالية من الإشعاع الكلي في منطقة ما فان هذا يشكل عقبة أمام استعمال المجمعات المركزة ويقلل من فرص استخدامها ذلك أنها لا تفيد إلا من الإشعاع المباشر. وفي هذه الحالة تبقى المقارنة محصورة بين المجمعات المسطحة والمفرغة ما لم تكن درجة الحرارة المطلوبة عالية إلى الدرجة التي يتطلب الأمر معها استخدام المجمعات المركزة بغض النظر عن طبيعة الإشعاع المتوفر.

والخلاصة أنه يتطلب اختيار المجمع الشمسي الملائم معرفة دقيقة وتفصيلية بالجوانب البيئية والعملية والاقتصادية للتطبيق موضع الاهتمام، ولابد من أخذ كل هذه العوامل بعين الاعتبار عند تقرير نوع المجمع المطلوب. غير أنه يمكننا القول إن المجمعات المسطحة تعتبر الأفضل في التطبيقات التي تتطلب طاقة حرارية على درجة حرارة 60- 70 درجة مئوية بينما تصلح بعض المجمعات المركزة للتطبيقات التي تتطلب درجات الحرارة العالية، 200 درجة مئوية أو اكثر، وأما في المدى المتوسط فيتطلب الأمر دراسة تفصيلية وافية.

التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية:

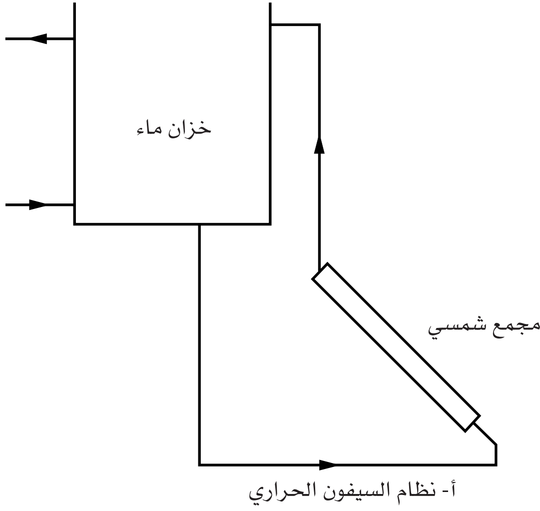
تشكل الطاقة الحرارية جزءا كبيرا من مجمل استعمالات البشر من الطاقة، وتتضح هذه الصورة بشكل أفضل فيما لو نظرنا إلى النوع النهائي من الطاقة الذي نحتاجه بدل النظر إلى نوع الطاقة التي يتم تزويد المستهلك بها، فمثلا تستعمل السخانات الكهربائية في العديد من البيوت لتسخين المياه للأغراض المنزلية، ونعلم أن تسخين المياه يحتاج إلى طاقة حرارية

غير أن ما يستخدمه المستهلك هو الطاقة الكهربائية التي يتم تحويلها إلى طاقة حرارية، و ينطبق الأمر ذاته على أعمال الطبخ والغسيل واحتياجات المصانع من المياه الساخنة حيث الطاقة المطلوبة هي طاقة حرارية لا غير، وكذلك الأمر بالنسبة لتدفئة البنايات والمنازل وتقطير المياه وإنتاج البخار في محطات توليد الطاقة الكهربائية فأنها جميعا عمليات تحتاج إلى طاقة حرارية. .وسنتطرق في الصفحات اللاحقة إلى التطبيقات الحرارية المختلفة للطاقة الشمسية، تلك الطاقة التي يتم الحصول عليها بواسطة استعمال المجمعات الشمسية.

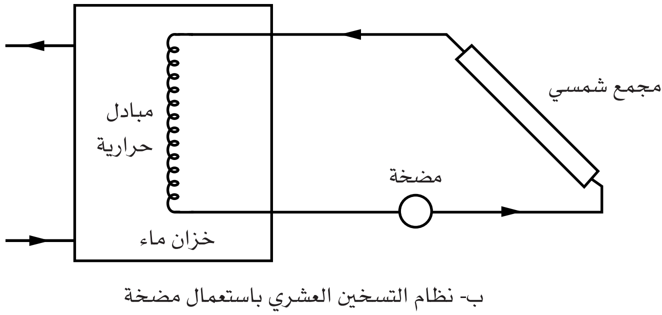
1 - تسخين المياه:

تشترك المجمعات الشمسية في أنها تقوم جميعا بتسخين السوائل المارة فيها، ومن ضمنها الماء اكثر السوائل استعمالا في تطبيقات الطاقة الشمسية. وعند الحديث عن تسخين المياه بالطاقة الشمسية يكون المقصود بذلك رفع درجة حرارتها إلى ما يكفي لجعلها صالحة لبعض الأغراض المنزلية أو الصناعية كالاستحمام والغسيل وإنتاج المياه الحارة للعمليات الصناعية، بمعنى رفع درجة حرارة المياه إلى حوالي 60 درجة مئوية، ولتحقيق هذا الغرض تستعمل المجمعات الشمسية المسطحة ذات التكلفة الاقتصادية المنخفضة نسبيا والتي تعمل بكفاءة عالية على درجات الحرارة هذه.

يتكون نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية من مجموعة المجمعات الشمسية المسطحة وخزان المياه والأنابيب التي تصل بين المجمعات والخزان، تتحرك المياه من الخزان إلى المجمعات حيث ترتفع درجة حرارتها وتعود من ثم إلى الخزان، ولأجل ضخ المياه من الخزان إلى المجمعات تستعمل مضخات المياه في بعض التصاميم بينما تتحرك المياه في تصاميم أخرى بفعل ظاهرة السيفون الحراري، ويشيع استعمال أنظمة تسخين المياه التي تستعمل المضخات في التطبيقات الصناعية حيث تكون هناك حاجة لتسخين كميات كبيرة من الماء بكفاءة مرتفعة، وأما بالنسبة للأنظمة التي تعتمد على ظاهرة السيفون الحراري فيشيع استعمالها في السخانات الشمسية الصغيرة الحجم المستعملة في المنازل. في الشكل رقم (10) نقدم مخططا هيكليا لكلا النظامين.



أ- نظام السيفون الحراري



ب- نظام التسخين العشري باستعمال مضخة

شكل(15): تسخين المياه بالطاقة الشمسية

في السخانات الشمسية التي تعمل بنظام السيفون الحراري يجب وضع خزان المياه في مستوى أعلى من مستوى المجمع الشمسي بمقدار 30-60 سم. وحين تسقط أشعة الشمس على سطح المجمع ترتفع درجة حرارة الماء الموجود داخله وتقل كثافته تبعا لذلك، أما الماء الموجود في الخزان فيكون على درجة حرارة اقل من درجة حرارة ماء المجمع، وبالتالي تكون كثافته أعلى من كثافة ماء المجمع، هذا الفارق في الكثافة بين ماء الخزان وماء المجمع هو الذي يشكل القوة المحركة التي تقوم بدفع ماء المجمع إلى أعلى الخزان ليحل محلها ماء بارد من أسفل الخزان، وما دام الإشعاع الشمسي كافيا لرفع درجة حرارة ماء المجمع إلى درجة أعلى من حرارة ماء الخزان فان عملية السيفون الحراري تستمر في تحريك المياه من أسفل الخزان إلى المجمع ثم إلى أعلى الخزان، وهكذا.

أما في أنظمة التسخين التي تعتمد على المضخات لتحريك المياه بين الخزان والمجمعات فإن موقع الخزان بالنسبة للمجمعات ليس بالأمر المهم إذ يمكن أن يكون في مستواها أو في مستوى منخفض، والهدف من استعمال المضخات هو رفع كفاءة نظام تسخين المياه بالمقارنة مع الأنظمة التي تعتمد على ظاهرة السيفون الحراري.

ويتطلب تصميم أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية معرفة كمية المياه الساخنة المطلوبة، ودرجة حرارتها ومعرفة مقادير الإشعاع الشمسي المتوقع سقوطها على سطح المجمعات، واعتمادا على هذه المعلومات يستطيع المصمم اختيار عدد المجمعات المطلوبة وتحديد معدلات ضخ المياه فيها، وفي العادة يكون الفرق بين درجة حرارة الماء الخارج من المجمع الشمسي والداخل إليه حوالي 5 درجات مئوية، ويعتمد ذلك على معدلات ضخ الماء ومساحة المجمع وكفاءته وكمية الإشعاع الشمسي، ولذلك إذا تطلب الأمر رفع درجة حرارة ماء الخزان بمقدار 40 درجة مئوية فيجب تحريك مياه الخزان بحيث تكمل دورتها داخل المجمعات ثماني مرات على الأقل. وبالنسبة للسخانات الشمسية المنزلية فإن هناك بعض المواصفات القياسية المتبعة كقواعد عامة في تحديد حجم الخزان بالنسبة لمساحة المجمع. وفي الكثير من السخانات الشائعة يحدد حجم الخزان على أساس 100 لتر لكل متر مربع من مساحة المجمع، فإذا كانت مساحة المجمع الشمسي تساوي مترين

مربعين يكون حجم الخزان 200 لتر، ويجدر بالذكر أن من الضروري عزل خزان المياه وأنابيب التوصيل بمواد عازلة لتقليل التسرب الحراري من الخزان والأنابيب إلى الخارج.

إن تسخين المياه بالطاقة الشمسية اكثر تطبيقات الطاقة الشمسية شيوعا وأكثرها ملاءمة من الناحية التكنولوجية والاقتصادية في ذات الوقت. وينتشر استعمال السخانات الشمسية في العديد من دول العالم بما فيها العديد من الدول العربية كالأردن وفلسطين وسوريا ولبنان ومصر ودول الشمال الأفريقي، ولا يقتصر الأمر على الاستعمال فقط بل إن بعض الدول العربية تقوم بتصنيع السخانات الشمسية محليا كما في الأردن وفلسطين ولبنان ومصر. وقد بدء بتصنيع السخانات الشمسية في العالم العربي منذ سنوات قليلة في ورش صغيرة غير أنه تم في الآونة الأخيرة إنشاء صناعات متخصصة مزودة بوسائل ميكانيكية حديثة.

2- التدفئة:

التدفئة بكل بساطة هي عملية ضخ حرارة داخل حيز مادي، وعند الحديث عن التدفئة في تطبيقات الطاقة الشمسية يكون المقصود تدفئة المساكن والبنايات المستعملة للأغراض المختلفة، والتدفئة بالطاقة الشمسية هي ضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات إلى داخل الحيز موضع الاهتمام، ولتحقيق هذا الغرض تبرز الحاجة إلى استعمال بعض المعدات والأجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمع الشمسي إلى داخل البناية.

وهناك نظامان للتدفئة بالطاقة يستخدم أحدهما الهواء بينما يستخدم الآخر الماء، ففي نظام التدفئة بالهواء يتم تسخين الهواء في المجمعات الشمسية ومن ثم دفعه إلى داخل لبناية بواسطة مروحة لتدفئة البناية أو الحيز موضع الاهتمام، ولا يختلف تصميم المجمع الشمسي المستعمل لتسخين الهواء عن ذلك المستعمل لتسخين الماء إلا في تصميم الصفيحة الماصة، وتحديدا في تصميم مجرى الهواء، فبينما يتخذ مجرى الماء شكل الأنبوب يكون المقطع العرضي لمجرى الهواء مستطيلا، وأما بالنسبة لأنظمة التدفئة بالطاقة الشمسية التي تستعمل الماء فإنها تتضمن مبادلات حرارية يجري عبرها نقل الحرارة من الماء القادم من المجمع الشمسي إلى الهواء

المدفوع إلى داخل الحيز.

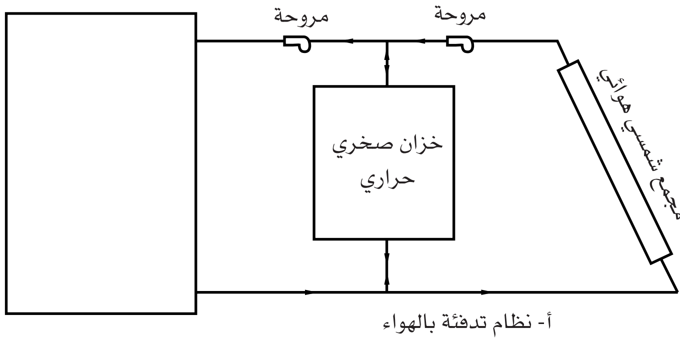
ولا تختلف أنظمة التدفئة بالماء الساخن بالشمس عن أنظمة تسخين المياه المعتادة إلا في الأجهزة الإضافية المطلوبة لنقل التأثير الحراري إلى داخل البناية، وأما باقي أجزاء نظام التدفئة فهي تلك المستعملة في أنظمة تسخين المياه بشكل أساسي، وهناك بالطبع فارق في عدد المجمعات الشمسية المطلوبة وفي حجم خزان المياه الساخنة، ويتم تحديدهما اعتمادا على مقدار حمل التدفئة المطلوبة.

إن درجة حرارة المياه المطلوبة للتدفئة هي نفسها المطلوبة في أنظمة تسخين المياه، أي حوالي 60 درجة مئوية، أما في أنظمة تسخين الهواء فيتم رفع درجة حرارة الهواء إلى حوالي 35 درجة مئوية، والسبب في اختلاف درجات الحرارة في كلا النظامين هو أن الهواء المسخن في المجمعات يدفع إلى داخل الحيز موضع الاهتمام مباشرة دون الحاجة إلى الدخول في عمليات التبادل الحراري مع موائع أخرى، بينما في أنظمة التدفئة بالماء الساخن يتم استعمال المبادلات الحرارية لنقل التأثير الحراري من الماء الساخن إلى الهواء، وعلى ذلك يتطلب الأمر أن تكون درجة حرارة الماء الداخل إلى المبادل الحراري أعلى من درجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري بحوالي 20- 25 درجة مئوية.

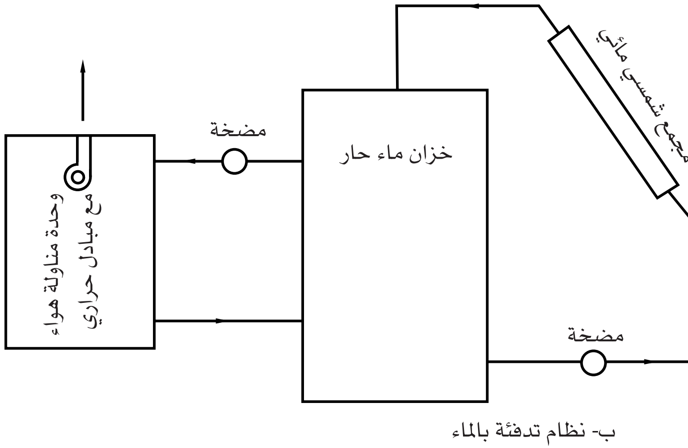
يظهر في الشكل رقم (11) مخططان هيكليان يمثل أحدهما نظام تدفئة بالطاقة الشمسية يستخدم الهواء بينما يستخدم الآخر الماء، و يتشابه كلا النظامين في أنهما يتكونان من نظام لتجميع الطاقة (المجمعات الشمسية) ونظام لنقلها إلى داخل الحيز إضافة إلى نظام التخزين الحراري، والغاية من استخدام أنظمة التخزين الحراري في أنظمة التدفئة هو تخزين الحرارة في فترات الإشعاع الشمسي أثناء النهار واستعمالها في أوقات عدم توفر الإشعاع الشمسي في الليل أو في الفترات الغائمة.

ويتكون نظام التخزين الحراري في أنظمة التدفئة بالهواء من خزان صخري يحتوي على صخور صغيرة يتراوح قطرها ما بين 2- 5 سم (الحصى الشائع الاستعمال). ولتخزين الحرارة في الخزان الصخري يجري إمرار الهواء الساخن القادم من المجمعات الشمسية في كومة الحصى الموضوعة داخل خزان خشبي أو في سرداب البيت، وتنتقل الحرارة بالحمل من الهواء

إلى الحصى نتيجة لملامسته لسطوحها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارتها تدريجياً، ومادامت درجة حرارة الهواء المار بين الحصى أعلى من درجة حرارة الحصى نفسه فإن الحرارة تستمر في الانتقال من الهواء إلى الحصى، وحين لا يتوفر الإشعاع الشمسي وتبرز الحاجة إلى التدفئة يتم دفع هواء الحيز إلى داخل الخزان الصخري لتسخينه ودفعه من ثم إلى داخل الحيز لتدفئته.



أ- نظام تدفئة بالهواء



ب- نظام تدفئة بالماء

شكل(11): أنظمة تدفئة بالطاقة الشمسية

على أن هناك بعض العوامل العملية والاقتصادية التي تحدد نظام التخزين الحراري كأن يبنى الخزان بحيث يمكنه خزن ما يكفي لتدفئة البيت ليوم واحد، وإذا حدث أن ساءت الأحوال الجوية بحيث لا يتوفر هناك إشعاع شمسي لمدة يوم أو اكثر فإن نظام التدفئة الشمسي لا يمكنه المساهمة في تدفئة الحيز، ولتجنب الوصول إلى هذا الوضع بما يتضمنه من إزعاجات فإن أنظمة التدفئة الشمسية تضم في العادة مصدرا حراريا يعمل على مصادر الطاقة التقليدية (نفط، غاز، فحم، كهرباء) يجري استعماله عند الحاجة.

أما في أنظمة التدفئة بالماء الساخن فإن نظام التخزين الحراري يتكون من خزان ماء يتم تخزين المياه الساخنة فيه أثناء ساعات الإشعاع الشمسي ليتم استعمالها في الأوقات التي لا تتوفر فيها الطاقة الشمسية، وكما هي الحال بالنسبة لأنظمة التسخين بالهواء يتم تحديد حجم خزان الماء اعتمادا على اعتبارات عملية واقتصادية وكذلك فإن أنظمة التسخين بالماء تضم مصدرا حراريا مساعدا (سخان ماء) لتزويد الحرارة المطلوبة في الفترات التي لا تتوفر فيها الطاقة الشمسية وحين لا يتوفر هناك مخزون حراري.

وهناك العديد من البيوت التي تدفأ بالطاقة الشمسية في المناطق ذات الأجواء الباردة كبعض مناطق الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا واليابان، وبسبب التكلفة الاقتصادية المرتفعة نسبيا لأنظمة التدفئة الشمسية فإنها تتوسع بشكل بطيء والأغلب أن لا تنتشر بشكل واسع إلا من خلال سياسات الدعم الحكومي، وبالنسبة للدول العربية فإن استخدام الطاقة الشمسية في التدفئة سيقتصر على مناطقها الشمالية ذات الأجواء الباردة شتاء، وأما في مناطقها الجنوبية فالحاجة للتدفئة ليست بذات درجة الحاجة إلى التبريد، وبالمناسبة فإن المجمعات الشمسية المطلوبة في التبريد الشمسي يمكنها تقديم متطلبات التدفئة شتاء مما يعني أن استخدام التبريد الشمسي يحمل ضمنا إمكان التدفئة بالطاقة الشمسية.

وتقتصر نشاطات استخدام الطاقة الشمسية لأغراض التدفئة في العالم العربي على بعض البيوت التجريبية التي ترعاها مؤسسات البحث العلمي في بعض الدول العربية كما في الكويت والأردن والعراق ومصر والجزائر، بالإضافة إلى عدد من البيوت السكنية.

3- التبريد الشمسي:

يمكننا تعريف التبريد بشكل عام بأنه عملية ضخ الحرارة من داخل حيز معين إلى الخارج، وبهذا فإن عملية التبريد هي نقيض عملية التدفئة، ومن أجل تحقيق هذا الغرض يجب استعمال أداة ميكانيكية تقوم بضخ الحرارة إلى الخارج، والأسلوب الشائع لضخ الحرارة هو دفع هواء بارد إلى داخل الحيز ليقوم بنقل الحرارة إلى الخارج مباشرة أو لنقلها إلى مبادل حراري يتولى بدوره نقلها إلى الخارج.

تتكون أجهزة التبريد الشائعة من ضاغط (Compressor) ومبادلين حراريين يقوم أحدهما (المبخر) باكتساب الحرارة من داخل الحيز، بواسطة تبريد الهواء، ونقلها إلى المبادل الحراري (المكثف) بواسطة الضاغط، وفي المكثف تتم عملية طرد الحرارة إلى الأجواء المحيطة، ولوضع مضخة الحرارة هذه موضع العمل فلا بد من توفر مصدر طاقة لتشغيل الضاغط، وفي أنظمة التبريد الشائعة يجري استعمال الموتور الكهربائي لتشغيل الضاغط، وفي هذه الحالة تشكل الطاقة الكهربائية مصدر الطاقة الملائم لتشغيل أجهزة التكييف.

وبالإضافة إلى نظام التبريد السابق ذكره هناك أنظمة أخرى تؤدي نفس الغرض التبريدي لكنها تعمل بالطاقة الحرارية وليس بالطاقة الميكانيكية أو الكهربائية. ومن ضمن هذه الأنظمة نظام يدعى بالتبريد الامتصاصي Absorption Cooling.

يتكون نظام التبريد الامتصاصي من أربعة أقسام أساسية هي المولد Generator والماص Absorber والمكثف Condenser والمبخر Evaporator. وبالمقارنة مع أنظمة التبريد التقليدية الشائعة نجد أن الفرق يكمن في غياب الضاغط واستبدال المولد والماص به، وحيث تستعمل أنظمة التبريد التقليدية غازات الفريون كوسيط تبريدي فإن أنظمة التبريد الامتصاصي تستعمل مزيج بروميد الليثيوم والماء أو مزيج الأمونيا والماء.

في نظام مزيج بروميد الليثيوم والماء يقوم الماء بدور الوسيط التبريدي بينما يقوم بروميد الليثيوم بدور الوسيط المساعد لإتمام الدورة التبريدية، أما في نظام مزيج الأمونيا والماء فإن الأمونيا هي الوسيط التبريدي بينما يقوم الماء بدور الوسيط المساعد، ونظرا لكون الماء هو الوسيط التبريدي

في نظام التبريد الأول فإن هذا يفرض بعض التحديدات على مجالات استعمال هذا النظام ذلك أن الماء يتجمد عند درجة الصفر المئوي، ولذلك يصلح هذا النظام التبريدي في أعمال تبريد الهواء أو تبريد المياه إلى درجة حرارة لا تقل في العادة عن 8 درجات مئوية، وهي الدرجة الصالحة لأعمال التكييف وتبريد الهواء الشائعة، أما في نظام مزيج الأمونيا وبخار الماء فبالإمكان تحقيق درجات منخفضة تقل عن الصفر المئوي وذلك لأن الأمونيا هي الوسيط التبريدي ودرجة تجمدها منخفضة جدا، لكن وبسبب اعتبارات السلامة الصحية والعملية فإن هناك الكثير من التحديدات حول استعمال الأمونيا بحيث يقتصر ذلك على بعض العمليات الصناعية كمصانع الثلج، ولذلك ففي حديثنا عن التبريد الشمسي فإننا نقصد التبريد بواسطة مزيج بروميد الليثيوم والماء.

يحتاج إتمام الدورة التبريدية في أنظمة التبريد الامتصاصي إلى مصدر حراري، وفي أنظمة التبريد الامتصاصي الشمسي تقوم المجمعات الشمسية بدور المصدر الحراري الذي يزود النظام التبريدي بمتطلباته. فتستخدم الحرارة لفصل الماء من المزيج وذلك بتبخيره، ولذلك فان درجة حرارة الماء المطلوبة لإتمام عملية الفصل تساوي أو تزيد عن 80 درجة مئوية، ويمكن فصل الماء عن المزيج على هذه الدرجة لأن المزيج يكون تحت ضغط منخفض في مراحل العملية التبريدية كلها (6-66 ملم زئبق). وتتم عملية فصل الماء في المولد ويتحرك بخار الماء بعدها إلى المكثف بينما يتحرك بروميد الليثيوم- ويكون عندها مزيجا عالي التركيز إلى الماص، وفي المكثف يتم تكثيف بخار الماء وتحويله إلى سائل وذلك بواسطة عملية تبريدية تستخدم المياه القادمة من برج تبريدي على درجة حرارة 24-32 درجة مئوية، وبعدها يدخل الماء إلى المبخر الذي يكون الضغط داخله أقل بكثير من الضغط داخل المكثف، الأمر الذي يؤدي إلى تبريد الماء الداخل على حساب تبخير جزء منه، وبهذا يتواجد في داخل المبخر مفعول تبريدي بشكل ماء بارد على ضغط منخفض، وللحصول على هذا المفعول التبريدي تمرر المياه حول هذا المبخر لتقوم بنقل حرارتها إلى الماء البارد داخل المبخر، وتؤدي هذه العملية إلى تبريد الماء الخارجي وتبخير الماء الموجود في داخل المبخر، ولأجل إتمام دورة مزيج بروميد الليثيوم يجب إعادة مزج بخار الماء مع مزيج بروميد الليثيوم

شديد التركيز الذي انتقل في مرحلة سابقة من المولد إلى الماص، وتتم عملية المزيج هذه في الماص، وبعدها يتحرك المزيج المخفف من الماص إلى المولد لتبدأ الدورة من جديد، وطالما استمر تزويد جهاز التبريد الامتصاصي بالمياه الحارة على درجة الحرارة الملائمة وبمياه التكثيف من برج التبريد وبالمياه المطلوب تبريدها فان النظام يستمر بالعمل، وحينما يتوقف تزويده بالماء الحار (مصدر الطاقة) يتوقف الجهاز عن العمل.

لننظر الآن إلى ميزان الطاقة في نظام التبريد الامتصاصي، كما هو الحال مع الأنظمة الديناميكية الحرارية فان مقدار الطاقة الداخلة إلى النظام الحراري تساوي الطاقة الخارجة منه، بمعنى أن النظام الحراري لا يخلق الطاقة ولا يفنيها لكنه قد يحولها من شكل إلى آخر. وبالنسبة لنظام التبريد الامتصاصي فان ميزان المدخلات والمخرجات هو كما يلي:

1- المدخل الحراري في المولد والمطلوب لفصل الماء عن مزيج بروميد الليثيوم والماء، ويتخذ هذا المدخل شكل الماء الحار القادم من المجمعات الشمسية أو سخان الماء.

2- المدخل الحراري في المبخر الذي يقوم بتبخير الماء الشديد البرودة الموجود داخله، ويتخذ هذا المدخل شكل المياه المطلوب خفض درجة حرارتها لتقوم بدورها باكتساب الحمل التبريدي من الحيز موضع الاهتمام.

3- المخرج الحراري من الماص والمتمثل بالحرارة الناتجة عن امتزاج بخار الماء مع مزيج بورميد الليثيوم شديد التركيز ويجب التخلص من هذه الحرارة وقذفها إلى الخارج.

4- المخرج الحراري من الماص والمتمثل بالحرارة المفقودة نتيجة لتكثف بخار الماء وأيضا يجب التخلص من هذه الحرارة وقذفها إلى الخارج، وهو ما تقوم به مياه التبريد.

ولان مجموع المدخلات يساوي مجموع المخرجات فإن:

المدخل الحراري في المولد + المدخل الحراري في المبخر = المخرج الحراري من الماص + المخرج الحراري من المكثف.

يبين الشكل رقم(12) مخططا هيكليا لنظام تبريد امتصاصي يعمل بالطاقة الشمسية حيث تشكل المجمعات الشمسية المصدر الحراري الذي يقوم بتسخين المياه إلى درجة الحرارة المطلوبة لعملية فصل الماء عن بروميد

شكل(12): نظام تبريد امتصاصي بالطاقة الشمسية

الليثيوم في المولد، وأما خزان الماء الساخن فيشكل مخزن الطاقة الحرارية وتزويد نظام التبريد بحاجته من الطاقة الحرارية أو جزء منها أثناء عدم توفر الإشعاع الشمسي الكافي، وأما سخان الماء المساعد فانه يقوم بمهمة تسخين المياه حينما لا يتوفر إشعاع شمسي ولا مخزون من المياه الحارة، وبهذا فان المجمعات الشمسية وخزان الماء الحار وسخان الماء المساعد تشكل مصدر الحرارة المطلوب لإحداث عملية فصل الماء عن بروميد الليثيوم في المولد.

و يتمثل المدخل الحراري الآخر في نظام التبريد في الشكل رقم (12) بدائرة الماء بين المبخر والمبادل الحراري في وحدة مناولة الهواء إذ يقوم المبادل الحراري بتبريد الهواء الداخل إلى الحيز المطلوب على حساب رفع درجة حرارة الماء الذي يعود إلى المبخر في جهاز التبريد ليقذف بالحرارة التي اكتسبها من الهواء إلى المبخر، ويعود مرة أخرى إلى المبادل الحراري وقد انخفضت درجة حرارته.

وأما دائرة المخرجات الحرارية فتتمثل بدائرة المياه التي تحمل المياه الباردة نسبيا من برج التبريد لتمر حول الماص والمكثف حيث تكتسب الحرارة المطرودة من كليهما، تعود مياه التبريد إلى البرج وقد ارتفعت حرارتها حيث يتم تبريدها مرة أخرى.

ومازالت التكلفة الاقتصادية المرتفعة تشكل عائقا أمام الانتشار الواسع لأنظمة التبريد الشمسي، ولذلك فان غالبية المشاريع القائمة تتولاها الجامعات أو معاهد البحث العلمي أو بعض الدوائر الحكومية، غير أن اتباع السلطات المختصة لسياسة دعم الطاقة الشمسية، بالشكل الذي تدعم به إنتاج الطاقة الكهربائية مثلا، سيفتح مجالات واسعة أمام تطبيقات التبريد الشمسي، ولذلك فمن المحتمل أن تصبح اليابان رائدة في مجال التبريد الشمسي نتيجة لمئات المشاريع التي سيجري إنشاؤها في السنوات القليلة القادمة بفضل سياسة الدعم التي تقتصر حاليا على بنايات المؤسسات الحكومية والبلدية بشكل أساسي، وبالإضافة إلى اليابان هناك الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي واستراليا حيث يوجد العديد من البنايات المبردة بالطاقة الشمسية.

وفي العالم العربي تعتبر الكويت والمملكة العربية السعودية في المقدمة

من حيث تطبيقات التبريد الشمسي، والى وقت قريب كانت جامعات ومعاهد البحث العلمي للبلدين تقوم بتصميم أنظمة التبريد الشمسي وتركيبها وتشغيلها، غير أن شركات القطاع الخاص أخذت في الآونة الأخيرة تبدي اهتماما بالموضوع، الأمر الذي سيفتح مجالات أرحب للمزيد من تطبيقات التبريد الشمسي، وبالإضافة إلى الكويت والمملكة العربية السعودية هناك بعض المشاريع التجريبية في مصر ودول الشمال الإفريقي.

4- تجفيف المحاصيل:

التجفيف بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية. فالأراضي الوحلة ومياه الأمطار تجف بفعل الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي وحركة الرياح، والملابس المغسولة تجف بسرعة عند تعرضها لأشعة الشمس، وكذلك تجف أوراق الأشجار والفواكه والمحاصيل بفعل الشمس.

والتجفيف هو عملية تخليص المواد المختلفة من كل السوائل الموجودة فيها أو من جزء منها للحصول على مواد جافة تحتوي على نسبة أقل من السوائل أو قد لا تحتوي عليها أبدا، وهناك طريقتان رئيسيتان لتجفيف المواد هما:

1- التجفيف الميكانيكي الذي يتم بواسطة الضغط أو الطرد المركزي.

2- التجفيف الحراري الذي يتم بواسطة تحويل السائل في المادة إلى بخار ومن ثم حمل البخار بعيدا عن المادة، وعند الحديث عن التجفيف بالطاقة الشمسية فالمقصود بذلك التجفيف الحراري، وحتى الآن كان اكثر تطبيقات التجفيف الحراري الشمسي شيوعا هو تجفيف المحاصيل الزراعية وبعض اللحوم.

إن تجفيف المحاصيل مسألة قديمة في التاريخ البشري استعملها الإنسان لتخليص المحاصيل من قسم من السوائل الموجودة فيها (الماء) وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للخزن لفترات طويلة، وقد عرفت المجتمعات البشرية المختلفة التي تعيش في المناطق المناخية المختلفة أهمية تجفيف المحاصيل ومارستها قرونا طويلة، وقبل تطور الوسائل الحديثة في حفظ المواد الزراعية والمعتمدة على استعمال الكيماويات كان التجفيف يشكل الحل الرئيسي لمسألة حفظ المحاصيل الزراعية فترات طويلة، والواقع أن

التجفيف مازال يقوم بدور أساسي في هذا المجال إلى يومنا هذا، وقد كانت الطريقة التقليدية للتجفيف تعتمد على تعريض المواد المراد تجفيفها للشمس وترك مهمة التجفيف لأشعة الشمس وحركة الهواء معا، ولو نظر أي منا إلى مطبخ بيته لوجد أنه يضم اكثر من مادة زراعية جافة.

ولعل الفروق. بين طريقة التجفيف التقليدي بتعريض المواد الزراعية للشمس وطريقة التجفيف الشمسي الحديثة هي فروق كمية وليست نوعية، فالتجفيف في كلتا الحالتين يقوم على استخدام الحرارة لتخليص المحاصيل من جزء من الماء الموجود فيها. وتكمن الفوارق بين الأسلوبين في أن الطريقة الحديثة تتميز بالسرعة وبالقدرة على تجفيف كميات كبيرة في وقت أقصر وذلك باستعمال المواد والأدوات المساعدة.

يتكون المجفف الشمسي من صندوق توضع في داخله المواد الزراعية المراد تجفيفها وأنبوب طويل نسبيا أسطواني الشكل وذي قطر كبير يقوم بدور المجمع الشمسي ومروحة تقوم بدفع الهواء عبر الأنبوب إلى الصندوق، يصنع الأنبوب الذي يمر الهواء خلاله من مواد بلاستيكية رخيصة الثمن ذات لون أسود لزيادة امتصاص الإشعاع الشمسي، يسخن الهواء المدفوع بواسطة المروحة أثناء مروره في الأنبوب وترتفع درجة حرارته بضع درجات مئوية فوق درجة الحرارة الخارجية، بعدها يدخل الهواء الحار إلى داخل الصندوق حيث يقوم بحمل جزء من بخار الماء الموجود على سطح المواد الزراعية الموضوعة في الداخل، ويخرج من فتحة جانبية إلى الخارج، وتستمر العملية بهذا الشكل إلى أن يتم تجفيف المحاصيل إلى الحد المطلوب، والجدير بالذكر أن عملية تجفيف المحاصيل قد تستمر لعدة أيام، وبالطبع يتم التجفيف أثناء توفر الإشعاع الشمسي فقط.

عند تصميم مجفف شمسي يجب أخذ عدد من الأمور بعين الاعتبار، فبالإضافة إلى معرفة مقدار الكمية المطلوب تجفيفها والفترة الزمانية لإتمام ذلك يجب معرفة بعض خصائص المواد الزراعية نفسها، فمن الضروري معرفة كمية الماء المطلوب تخليص المحصول منها بمعنى تحديد نسبة الماء النهائية في المحصول إذ أن تجفيف المحاصيل إلى درجة تقل نسبة الماء فيها عن حدود معينة سيؤدي إلى تلفها وجعلها غير صالحة للاستعمال، وكذلك لابد من معرفة درجة حرارة التجفيف ذلك أن بعض

المحاصيل الزراعية تتأثر بدرجة حرارة البيئة المحيطة وقد تؤدي إلى تلفها سواء كان ذلك بالتأثير المباشر على ألياف وأنسجة المحصول أو بتوفير البيئة لحصول بعض العمليات الكيماوية الحيوية كالتعفن أو التحلل مثلا.

إن المجففات الشمسية رخيصة الثمن نسبيا وفعالة، وهذا مما يساعد على انتشارها في المناطق الزراعية في أنحاء مختلفة من العالم، ونظرا لسهولتها التكنولوجية فإنها غالبا ما تصنع من المواد المحلية المتوفرة، ففي بعض المناطق الريفية حيث لا تتوفر مراوح دفع الهواء ولا الطاقة الكهربائية لتشغيلها يلجأ المزارعون إلى بناء الصناديق وتغطية أحد جوانبها المعرضة معظم النهار لأشعة الشمس بالزجاج أو أحد المواد الشفافة التي تسمح بنفاذ أشعة الشمس، ويؤدي هذا إلى رفع درجة الحرارة داخل الصندوق والى تحرك الهواء بفعل فوارق الكثافة ودرجة الحرارة إلى داخل الصندوق وخارجه، بحمل الهواء الخارج من الصندوق معه بعض بخار الماء المكتسب من المحصول الموجود داخل الصندوق.

5- تحلية المياه:

الماء عنصر ضروري للحياة على الأرض وبدونه لا توجد حياة، وتعني هذه الحقيقة أن توفير المياه أمر لا غنى عنه لأي تشكيل ينتمي إلى عالم الأحياء، ومن الأمور المؤكدة أن استهلاك الإنسان للماء يتزايد مع ازدياد رقيه الحضاري وتوسع قدراته الإنتاجية في المجالات الزراعية والصناعية، وإذا كانت حاجة الإنسان في الماضي قد اقتصرت على تلبية حاجاته اليومية وحاجات أعمال الزراعة وتربية الحيوانات فان العصر الصناعي قد أدى إلى ازدياد معدلات استهلاك المياه بشكل كبير فإنتاج طن واحد من القمح يحتاج إلى 800 طن من الماء وإنتاج طن من نبات الفصة يستلزم 760 طن من الماء، وأما إنتاج طن من الحديد فيحتاج إلى 200 طن من الماء بينما يحتاج إنتاج طن واحد من المطاط الصناعي إلى 2500 طن من الماء، وترتفع معدلات استهلاك المياه بالنسبة للفرد في البلدان الصناعية عنها في البلدان الزراعية، ويصرف معظم الماء المستهلك على مجالات الإنتاج المختلفة.

وكمثال على ذلك، يبلغ متوسط استهلاك الفرد الأمريكي من الماء حوالي 2700 طن سنويا يستهلك نصف طن واحد منها للشرب و200 طن للاستعمالات

المنزلية بينما يستخدم الباقي في مجالات الإنتاج الزراعي والصناعة والفعاليات المرتبطة بها.

والمطر هو مصدر المياه النقية على الأرض المستعملة في المجالات المختلفة وبدون توفر كميات ملائمة من المطر فان أزمة المياه تستفحل.

وقد ازداد إدراك الإنسان في الآونة الأخيرة إلى خطورة استنزاف مخزون المياه من الخزانات الطبيعية تحت الأرض بمعدل يفوق معدل ما تستقبله من مياه أمطار، الأمر الذي أدى إلى انخفاض منسوب المياه المخزونة وأخذ يهدد بجفافها.

وفي المناطق التي لم يتوفر فيها تاريخيا مخزون كبير من المياه أو لم تتوفر الوسائل التكنولوجية الكفيلة باستغلالها، لجأ الإنسان إلى تجميع مياه الأمطار في الآبار أو البرك الكبيرة، وظل حتى الزمن القريب تجميع مياه الأمطار الحل الأساسي لمشكلة المياه لقطاع من السكان في كثير من بقاع العالم.

إن استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المياه النقية الصالحة للاستعمال هو أحد الحلول المطروحة لحل أزمة المياه في المناطق القاحلة والتي تتمتع بإشعاع شمسي وفير ومياه مالحة كما في الدول الواقعة على شواطئ البحار، وتعتبر دول الشرق الأوسط من المناطق المؤهلة لاستخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه ذلك أن لمعظمها شواطئ بحرية ويتوفر فيها الكثير من الإشعاع الشمسي.

وتتمثل الطريقة التقليدية لإنتاج المياه النقية من المياه المالحة في تبخير الأخيرة، حيث يتبخر الماء دون الأملاح والعوالق، ثم تكثيف البخار وتحويله إلى مياه نقية، وعلى هذا فان إنتاج المياه النقية بالتبخير هو أقرب ما يكون محاكاة للعملية الطبيعية المتمثلة بظاهرة المطر.

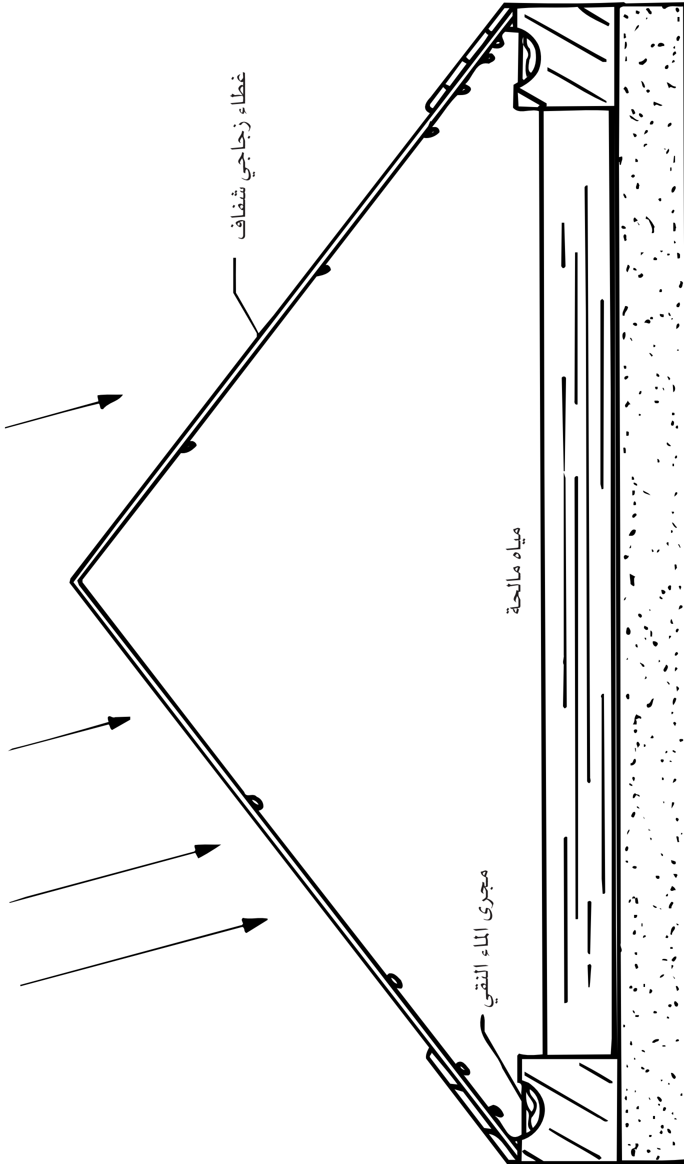
وأكثر طرق تحلية المياه بالطاقة الشمسية شيوعا ما يعرف بالمقطر الشمسي Solar Still حيث تستخدم الطاقة الشمسية في تبخير الماء،وأما في طريقة التبخير الومضي المتعدد المراحلMulti-Stage Flash Evaporation فتستخدم الطاقة في رفع درجة حرارة الماء المالح بضع درجات قبل دخوله إلى جهاز التبخير الومضي، وسنتعرض فيما يلي لطريقة المقطر الشمسي فقط.

المقطر الشمسي:

يتكون المقطر الشمسي من حوض معزول حراريا ومغلق الأطراف وله غطاء زجاجي شفاف، ويكون الغطاء الزجاجي في العادة مائلا وذلك للسماح للبخار المتكثف عليه أن ينحدر إلى مجرى طرفي تتجمع فيه المياه النقية، كما نرى في الشكل رقم (13). يمكن بناء الحوض من المواد الرخيصة التي لا تتلف بتأثير الماء، ومن الضروري عزل قعر الحوض وجوانبه بالعوازل الحرارية لتقليل انتقال الحرارة من ماء الحوض إلى الخارج وذلك لرفع كفاءة المقطر وفي العادة يطلى قعر الحوض بالطلاء الأسود أو أي طلاء آخر ملائم للعمل على زيادة امتصاص أشعة الشمس، وفي بعض تصاميم الأحواض تطلى أسطح الحوض العمودية الداخلية بطلاءات عاكسة للإشعاع وذلك لعكس الأشعة الساقطة عليها إلى الماء، ومن الضروري أحكام إغلاق جوانب الحوض لتقليل تسرب الهواء المشبع بالبخار من الداخل إلى الخارج ولتقليل انتقال الحرارة عبر فتحات تسرب الهواء.

يسخن الماء في الحوض نتيجة لسقوط أشعة الشمس وترتفع درجة حرارته إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وأعلى من درجة حرارة الهواء الموجود داخل الحوض بين سطح الماء والغطاء الزجاجي، وحيث إن ضغط بخار الماء يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة فان ضغط بخار الماء على درجة حرارة الماء أعلى منه على درجة حرارة الهواء داخل الحوض، ونتيجة لهذا الفارق في الضغط بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء فان ماء الحوض يأخذ في التبخر لمعادلة ضغط البخار داخل الحوض، ونتيجة لعوامل الحمل الحراري فان الماء المشبع يتحرك إلى الأعلى ويحل محله هواء أقل تشبعا بالبخار.

من الجانب الآخر ذكرنا أن درجة حرارة الغطاء الزجاجي تكون أقل من درجة حرارة ماء الحوض، ولذلك ما إن يلامس البخار المشبع سطح الزجاج حتى يبدأ جزء من البخار بالتكثف حتى يصبح ضغط البخار في الهواء المشبع مساويا للضغط عند درجة حرارة الزجاج، يتكثف البخار على سطح الزجاج وينزلق بتأثير ثقله إلى المجاري الجانبية حيث يتجمع ويخرج إلى الخارج ماء نقيا. وطالما استمرت فروق درجات الحرارة وفروق الضغوط داخل ارض قائمة فان عملية التبخر والتكثف تستمر.



شكل(13): مقطر شمسي

من المعلوم أن بخار الماء حين يتكثف يفقد كمية من الحرارة تعرف باسم حرارة التكثيف، وفي حالة المقطر الشمسي فان هذه الحرارة تنتقل إلى الزجاج ومنه إلى الخارج، أي أنها حرارة مفقودة لا يستفاد منها، وللتغلب على فقدان الحرارة هذا تم تطوير بعض المقطرات الشمسية متعددة الأدوار حيث يتكثف البخار من الحوض السفلي على قعر الحوض العلوي، وبذلك تنتقل حرارة التكثيف إلى ماء الحوض العلوي بدل أن تقذف للخارج.

تدل التجارب التي أجريت على المقطرات الشمسية أن كفاءتها تتراوح ما بين 30-40٪، بمعنى أن كمية الطاقة المطلوبة لإنتاج ما ينتجه المقطر من ماء نقي تعادل 30-40٪ من كمية الإشعاع الشمسي الساقط عليه، وأما الكمية الباقية من الإشعاع الشمسي فتعتبر طاقة مفقودة، وكأي نظام حراري آخر فان مدخلات الطاقة إلى المقطر تساوي المخرجات منه، وعليه يتخذ ميزان الطاقة للمقطر الشمسي شكل العلاقة التالية:

الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المقطر= الإشعاع الممتص والمنعكس عن الزجاج وأجزاء الحوض الأخرى + حرارة التبخر

+ الحرارة المفقودة من الحوض بالإشعاع والحمل والتوصيل.

ويشكل الإشعاع الممتص والمنعكس عن الزجاج وأجزاء الحوض الأخرى حوالي 20-30٪ من مجمل الإشعاع الساقط، وتشكل حرارة التبخر حوالي 30-40٪. أما الحرارة المفقودة من الحوض فتشكل حوالي 30-40٪ وهي تضم الحرارة المفقودة بالإشعاع من ماء الحوض والحرارة المفقودة عبر جوانب الحوض وقعره والحرارة المفقودة بالحمل عبر الزجاج ونتيجة لتسرب الهواء الخارجي أو تسرب بعض بخار الماء إلى الخارج.

تدل نتائج التجارب التي أجريت على المقطرات الشمسية إن بالإمكان إنتاج خمسة ليترات من الماء النقي كل يوم من كل متر مربع واحد من مساحة الحوض وذلك في الأيام المشرقة، وتميل بعض المصادر إلى اعتبار جالون واحد في اليوم لكل متر مربع قيمة وسطية معقولة، وعلى هذا يمكننا تخيل المساحات الواسعة من المقطرات الشمسية المطلوبة لإنتاج ملايين الجالونات من المياه، فمثلا إذا اعتبرنا أن الكويت تنتج حوالي مائة مليون جالون من الماء يوميا فإنها بحاجة إلى مائة مليون متر مربع من المقطرات الشمسية، وإذا أخذنا بعين الاعتبار المساحة المطلوبة للصيانة

وتمديد الأنابيب ومحطات الضخ وغيرها فان المساحة الكلية المطلوبة تزيد عن مائة مليون المتر المربع، أي اكبر من مائة كيلومتر مربع، غير أن المناطق التي تعاني من شح المياه عادة ما تكون أراضي قاحلة أو صحراوية لا تشكل المساحة فيها أمرا بالغ الأهمية.

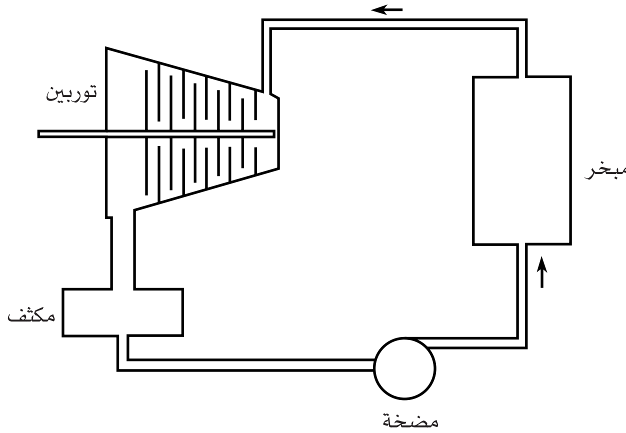
والمقطرات الشمسية ليست شائعة الاستعمال في العالم إذ أن معظم الموجود منها ذو طابع تجريبي، وكان قد بني في القرن الماضي مقطر تبلغ مساحته حوالي 000 ,51 قدم مربع في إحدى مناطق المناجم في تشيلي، واستمر في العمل إلى أن أغلق المنجم، وهناك مقطرات أصغر مساحة في الهند واليونان، و يعزى سبب عدم انتشار المقطرات الشمسية إلى الجوانب الاقتصادية ذلك أن طرق إنتاج الماء النقي في المحطات المركزية تعتبر أقل كلفة، غير أن هناك بعض الجوانب الإيجابية في المقطرات الشمسية التي تتمثل في المستوى التكنولوجي البسيط وفي كونها أقل عرضة للتأثر بأعمال التخريب والعدوان الخارجي.

توليد الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري:

توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية هو أحد أهم المنجزات كما يراها الإنسان العادي، إذ أنه نظرا لمرونة الطاقة الكهربائية وإمكان استعمالها في مجالات وتطبيقات مختلفة فقد حظيت باهتمام واسع وزاد الاعتماد عليها بشكل كبير، ومن الصعب على أي منا تصور وضع معيشي لا تتوفر فيه الطاقة الكهربائية بشكل ميسور وكميات كافية.

ويتم توليد معظم الطاقة الكهربائية في العالم في محطات توليد الطاقة الحرارية، وتعمل معظم هذه المحطات على ما يعرف باسم دورة رانكين،Rankine Cycle ويضم الشكل رقم (14) مخططا هيكليا لهذه الدورة، ولتشغيل هذه الدورة يجري تزويد الغلاية بالطاقة الحرارية وذلك بحرق واحد من المحروقات كالفحم أو أحد مشتقات النفط، تستخدم هذه الحرارة في تبخير أحد السوائل، ويكون عادة الماء، ورفع درجة حرارته وضغطه، ثم يدخل بخار الماء ذو الحرارة المرتفعة والضغط العالي إلى التوربين الذي يأخذ بالدوران وإنتاج الطاقة الميكانيكية، ويخرج البخار من التوربين وقد انخفض ضغطه وحرارته عما كان عليه عند الدخول، أي أن البخار يفقد

قسما من طاقته التي تتحول إلى طاقة ميكانيكية وتتخذ شكل دوران التوربين، ويكون التوربين متصلا بمولد كهربائي يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.



شكل(14): مخطط هيكلي لدورة رانكين

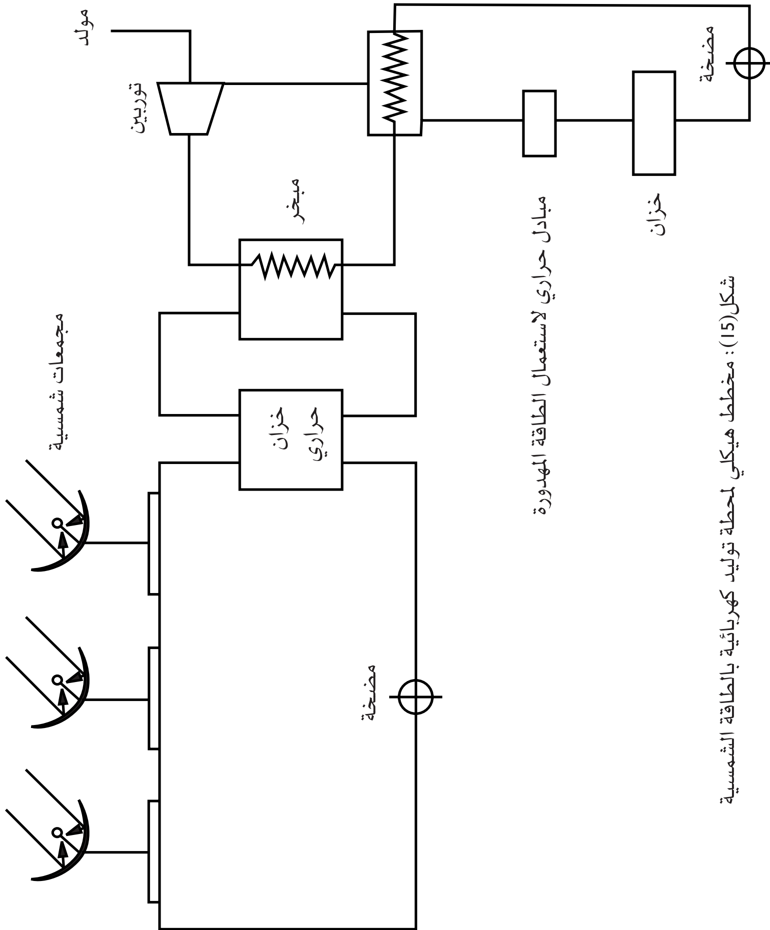
أما البخار ذو الضغط المنخفض والحرارة المنخفضة فيجري تكثيفه في مكثف ويتحول إلى سائل مرة أخرى، ثم يضغط السائل بواسطة مضخة إلى ضغط عال ويدخل إلى الغلاية حيث تبدأ الدورة من جديد.

إن إنتاج الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري للطاقة الشمسية لا يختلف عن إنتاجه بالطرق التقليدية إلا في كون الإشعاع الشمسي هو المصدر الحراري الذي يقوم بتزويد الدورة بمتطلباتها من الطاقة بدل استعمال الوقود، وبدل استعمال غلاية لإنتاج البخار ذي الضغط العالي والحرارة المرتفعة تقوم المجمعات الشمسية بهذا الدور، وعلى ذلك فإن الفرق بين محطات الطاقة التي تعمل بالوقود والمحطات التي تعمل بالطاقة الشمسية هو أن تحل أشعة الشمس كل الوقود وتستخدم المجمعات الشمسية بدل الغلاية.

نلاحظ مما تقدم أن توليد الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري يتضمن ثلاث مراحل هي: مرحلة تحويل الوقود إلى طاقة حرارية في الغلاية ومرحلة

تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية في التوربين ومرحلة تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية في المولد الكهربائي، وفي العادة يترافق مع عملية تحويل الطاقة فقدان جزء منها الأمر الذي يؤثر على الكفاءة العامة لعملية التحويل من وقود إلى طاقة كهربائية.

وتتكون محطة توليد الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري للطاقة الشمسية من الأجزاء التالية كما في الشكل (15):



شكل(15): مخطط هيكلي لمحطة توليد كهربائية بالطاقة الشمسية

ا- المجمعات الشمسية
2- خزان حراري.
3- توربين ومولد كهربائي.
4- مكثف.
5- مبادل حراري.
6- مضخات وأجهزة مرافقة أخرى.

المجمعات الشمسية كما ذكرنا هي مصدر تزويد المحطة بالطاقة المطلوبة وذلك من خلال تحويلها الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية، وهناك طريقتان رئيسيتان لتجميع الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة حرارية في محطات توليد الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري وهما:

ا- المستقبل المركزي: Central Receiver

يتكون نظام المستقبل المركزي من مجموعة كبيرة من المرايا والأسطح العاكسة للإشعاع الشمسي التي يتم تثبيتها بحيث تعكس الإشعاع الشمسي على نقطة مركزية واحدة في أعلى برج حديدي موجود في حقل المرايا نفسه، وفي موقع النقطة المركزية أعلى البرج توضع غلاية يمر فيها السائل المراد تسخينه ورفع درجة حرارته لاستعماله بصورة مباشرة أو غير مباشرة لتشغيل دورة إنتاج الطاقة الكهربائية، فحين استعمال السائل بشكل مباشر فانه يجري تبخيره ورفع درجة حرارته وإرساله إلى التوربين مباشرة ومن ثم يجري تكثيفه بعد الخروج من التوربين وإعادة ضخه إلى الغلاية الشمسية، أما في حالة الاستعمال غير المباشر فانه تستعمل سوائل ذوات ضغوط عالية يمكنها تحمل درجات الحرارة العالية دون أن تتبخر، ويتجمع السائل الساخن في خزان حراري يحتوي على مبادل حراري يمر فيه سائل آخر يتبخر عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة السائل في الخزان، ونتيجة لانتقال الحرارة من السائل في الخزان إلى السائل في المبادل الحراري يتبخر الأخير و يرتفع ضغطه و يتوجه إلى التوربين لتشغيله وإنتاج الطاقة الكهربائية من المولد الكهربائي.

2- المجمعات المركزة المستقلة: Dispersed Concentrators

يتكون نظام المجمعات المركزة المستقلة من مجموعة من المجمعات الشمسية المركزة ذات نسبة التركيز العالية وذلك لتركيز كمية كبيرة من

الإشعاع الشمسي تكفي لرفع درجة حرارة السائل إلى الدرجة المطلوبة والتي تكون عادة مرتفعة (500 درجة مئوية أو اكثر)، إن هذا لا يعني أنه لا يمكن إنتاج الكهرباء على درجات حرارة أقل من ذلك إلا أن كفاءة توليد الطاقة الكهربائية تعتمد على درجة حرارة المصدر، وبالتالي كلما ارتفعت درجة حرارة المصدر ازدادت كفاءة المحطة، لكننا رأينا من جانب آخر أثناء حديثنا عن المجمعات الشمسية أن كفاءتها تنخفض كلما ارتفعت درجة حرارة السائل المسخن وعليه فان تشغيل محطة الطاقة بكفاءة مثلى يتطلب تحديد درجة الحرارة التي تحقق التوافق الأمثل بين كفاءة المجمعات الشمسية وكفاءة محطة الطاقة.

وترتبط المجمعات المركزة بشبكة من الأنابيب المعدنية مع الخزان الحراري الذي يتجمع فيه السائل الساخن، ويحتوي الخزان على مبادل حراري يمر فيه سائل آخر يتبخر على درجة حرارة أقل من درجة حرارة التخزين وهذا يستعمل في تشغيل التوربين وإنتاج الطاقة الكهربائية.

أما باقي أجزاء المحطة فإنها تتكون من الأجزاء التقليدية ذاتها المستعملة في محطات توليد الطاقة بفارق أن محطات الطاقة التقليدية غالبا ما تستعمل بخار الماء أما محطات الطاقة الشمسية فتستعمل الغازات العضوية.

إن تبخير الماء أو الغازات العضوية في المكثف بعد خروجها من التوربين تعني فقدان كمية من الطاقة ذلك أن عملية التكثيف تعني تخليص الغاز من جزء من طاقته الحرارية، وإلى الآن مازالت معظم محطات الطاقة الحرارية في العالم تقذف بكميات كبيرة من الطاقة في مياه الأنهار والبحار أوفي الهواء اعتمادا على طبيعة نظام التكثيف المستعمل، إلا أن أزمة شح المصادر التقليدية للطاقة قد دفعت بالعاملين في مجال الطاقة إلى العمل على استخدام هذه الطاقة المهدورة، ولذلك عادة ما تترافق محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية مع تطبيقات أخرى لاستخدام الحرارة المهدورة. ومن التطبيقات الشائعة في هذا المجال استعمال الحرارة لتشغيل أنظمة التبريد الامتصاصي أو في التدفئة وتزويد المساكن بالمياه الحارة وفي تحلية المياه.

وهناك العديد من محطات توليد الطاقة الكهربائية بالتحويل الحراري للطاقة الشمسية، وتمتد هذه المناطق عبر أرجاء العالم من الولايات المتحدة إلى أوروبا والشرق الأوسط واليابان، وتتراوح قوة هذه المحطات من عشرات

قليلة من الكيلو واط إلى عشرة آلاف كيلو واط، وبالنسبة للعالم العربي فهناك محطة صغيرة في المملكة العربية السعودية ذات قوة 36 كيلو واط ومحطة أخرى في مصر، وفي الكويت يجري العمل على إنشاء محطة قوتها 100 كيلو واط، ومن المتوقع الانتهاء من بنائها وتشغيلها في عام 1981.

بهذا نكون قد تطرقنا إلى أهم التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية، وهناك تطبيقات أخرى لم نتطرق إليها مثل الأفران الشمسية والطباخات الشمسية والمضخات الشمسية، و يقينا هناك العديد من التطبيقات الحرارية الأخرى التي ستظهر مستقبلا، وليس ضروريا أن تأتي أفكار هذه التطبيقات من العلماء أنفسهم بل إن العديد منها سيأتي من القطاعات الإنتاجية كالقطاع الصناعي والزراعي حيث تبرز الحاجة لحل مشكلات مصادر الطاقة فيها.

ومن الأمور التي لم نناقشها هنا مسألة تخزين الطاقة الشمسية، ذلك أن الطاقة الشمسية ظاهرة ذات طابع متعاقب بمعنى أنها تتوفر خلال أوقات محددة من النهار وتتأثر بالظواهر المناخية كالغيوم والأمطار والعواصف الترابية، ولا يقتصر الأمر على هذا بل أنها لا تتوفر بذات القوة أثناء فترة شروقها، وبالإضافة إلى ذلك فليس من الضروري أن يترافق الطلب على الطاقة مع توفر الطاقة الشمسية إذ قد يحدث أن يزداد الطلب على الطاقة أثناء الليل، كما في التدفئة مثلا، وهو الوقت الذي لا تتوفر فيه طاقة شمسية، ولذلك يتطلب استخدام الطاقة الشمسية تخزينها بالشكل الملائم واستعمالها عند الحاجة، هذا وسنتناول هذا الموضوع بالمزيد من التفصيل أثناء حديثنا عن الصعوبات التكنولوجية لمصادر الطاقة البديلة في فصل لاحق.

التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية:

يرتبط تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية بالخلايا الشمسية المصنوعة غالبا من مادة السيليكون، والسبب في ذلك أن هذه الطريقة هي الأكثر شيوعا واستعمالا وتتركز حولها الكثير من الجهود لتطويرها، ومعقود عليها أمل كبير في أن تقدم إسهاما كبيرا في استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال لإنتاج الطاقة الكهربائية التي تتمتع بمرونة

عالية من ناحية إمكان استخدامها في جميع المجالات التي تتطلب طاقة، إلا أن الخلايا الشمسية ليست هي الطريقة الوحيدة لتحويل الشمس إلى كهرباء دونما الحاجة إلى استعمال. الأجهزة الوسيطة كالآلات الحرارية مثلا، فهناك طريقة المزدوجات الحرارية أو ما تعرف بالطاقة الكهروحرارية حيث يؤدي ارتفاع درجة حرارة نقطة اتصال معدنين مختلفين إلى سريان تيار كهربائي، وأغلب التطبيقات الشائعة لهذه الطريقة هي قياس درجة الحرارة بواسطة المزدوجات الحرارية نفسها حيث يتغير الجهد الكهربائي على طرفي المعدنين بتغير درجة حرارة نقطة الاتصال.

أما الطريقة الأخرى فهي ما يعرف بالطريقة الأيونية الحرارية والتي هي ظاهرة سريان الإلكترونات من سطح مادة موجودة في صندوق مفرغ من الهواء حيث تتحرر الإلكترونات بتأثير الطاقة المكتسبة على سطح المادة، وبشكل عام فإن تحرير الإلكترون من الذرة يحتاج إلى أن يكتسب طاقة تزيد عن الطاقة التي تربطه بالذرة التي يدور في أحد مداراتها.

يعرف تأثير الطاقة الشمسية الذي ينتج عنه توليد الطاقة الكهربائية بالتأثير الكهروضوئي، وهناك نوعان من التأثير الكهروضوئي[11].

1- **التأثير الكهروضوئي الخارجي**: وهو الذي يلاحظ بشكل أساسي في حالة المواد الموجودة داخل فراغ والتي تمتاز بأنها لا تسمح لفوتونات ضوء الشمس فإذ مسافة كبيرة داخلها (المسافة هنا تعني بالنسبة إلى حجم الذرة)، ونتيجة لمعارضة المادة لنفاذ الفوتونات إلى الداخل فان تأثيرها يقتصر على السطح أساسا، وإذا حدث أن كانت طاقة الفوتون أقوى من طاقة ربط الإلكترون بالذرة فان هذا يؤدي إلى تحريره وانطلاق الإلكترون، بالطبع قد يحصل أن تتغلغل بعض الفوتونات إلى الداخل غير أن الإلكترونات لا تتمكن من التحرك إلى السطح والتحرر إلى الخارج،. وعلينا ملاحظة أن المادة في هذه الحالة تمتلك قطبا واحدا ذلك أن الإلكترونات تتحرر من السطح فقط، وعليه فان هذه المادة لا تخلق مجالا ذاتيا يمكنه توليد جهد كهربائي وبالتالي سريان تيار كهربائي للاستعمال.

2- **التأثير الكهروضوئي الداخلي**: وهو الذي يلاحظ في حالة الخلايا الشمسية. وهنا تتمكن الفوتونات من التغلغل إلى الداخل وتحرير الإلكترونات

(11) Meinel and Meinel. OP. Cit. P,526- 532.

التي يتحرر بعض منها على السطح، وبالتالي فان الإلكترونات المحررة داخليا تتحرك في داخل المادة بين الذرات وتترك في مكانها فجوات، تحمل الإلكترونات بالطبع الشحنة السالبة أما الفجوات فإنها تعامل على أساس أنها تحمل الشحنة الموجبة،ويحصل في أثناء حركة الإلكترونات أن تلتحم مرة أخرى مع الفجوات بمعنى أنها تنتقل داخل شبكة بلورات المادة نفسها، وتخلق حاملات الشحنة السالبة وحاملات الشحنة الموجبة قطبين بينهما جهد كهربائي، إلا أن إعادة ملء الإلكترونات للفجوات يعيد المادة إلى سابق عهدها، وتنتشر هذه الظاهرة في المواد المعروفة بأشباه الموصلات التي سنتطرق إليها لاحقا، وقبل ذلك سنشير إلى مزايا توليد الكهرباء مباشرة بالخلايا الشمسية على غيرها من الطرق.

مزايا التحويل المباشر:

في التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية تقوم الخلايا الشمسية بإنتاج الكهرباء دونما حاجة إلى أجهزة وسطية ودونما حاجة للدخول في عمليات تحويل الطاقة من نوع إلى آخر، أي تحويل طاقة فوتونات ضوء الشمس من طاقة كهربائية اليتيار كهربائي الناتج من عملية التحويل هذه هو تيار مباشر كالتيار الذي تولده البطاريات الجافة وليس بتيار متردد كالتيار الناتج من مولدات الكهرباء في محطات الطاقة، غير أن هذا لا يشكل عقبة تذكر ذلك أن هناك أجهزة تقوم بتحويل التيار المباشر إلى تيار متردد واستخدامه في التطبيقات المختلفة.

يعتبر غياب الأجهزة الوسيطة كالمكائن الحرارية وغياب الدخول في عمليات تحويل الطاقة من نوع إلى آخر من مزايا التحويل المباشر للطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية على التحويل الحراري، و بالإضافة إلى ذلك فان الكفاءة القصوى للخلايا الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية تماثل كفاءة محطات الطاقة الحرارية المستخدمة لذات الغرض، فالخلايا الشمسية الشائعة الاستعمال تعمل بكفاءة تبلغ حوالي 10-12 ٪، وهناك بعض التجارب التي تشير إلى إمكان رفعها إلى 15٪ وإذا ما تم نجاح فكرة تركيز الضوء على الخلايا الشمسية باستعمال المرايا والأسطح العاكسة فقد ترتفع هذه النسبة إلى اكثر من ذلك، أما الكفاءة القصوى المتوقعة فهي

في حدود 25٪ وهي ما تعادل كفاءة محطات توليد الطاقة الكهربائية تقريبا.
تمتاز الخلايا الشمسية أيضا في أن إنتاجها من الطاقة الكهربائية يتناسب طرديا مع الإشعاع الشمسي الساقط عليها، ومع تغير شدة الإشعاع تتغير الطاقة الناتجة، لكن المعلوم أن مقدار الطاقة الكهربائية يتحدد بقوة التيار الكهربائي ومقدار الجهد الكهربائي، وفي حالة الخلايا الشمسية فان تغير الإشعاع الشمسي يؤدي إلى تغير في شدة التيار فقط دون أي تغير في الجهد الكهربائي.
وبالإضافة إلى ما تقدم فان استجابة الخلايا الشمسية للإشعاع الشمسي فورية في طابعها، بمعنى أن الطاقة الكهربائية تنتج في حال سقوط الإشعاع الشمسي على الخلية، ولا تحتاج الخلية إلى وقت يذكر كي تستجيب للإشعاع. وهذه الخاصة في الخلايا الشمسية تعتبر ميزة تميزها عن الطرق الأخرى المتبعة في توليد الطاقة الكهربائية من الشمس. فمثلا يحتاج تسخين السوائل إلى درجة الحرارة المطلوبة إلى وقت يطول أو يقصر اعتمادا على قوة الإشعاع الشمسي وكمية السائل ودرجة حرارته قبل دخول المجمع الشمسي الحراري، وحتى في طرق إنتاج الكهرباء بطرق المزدوجات الحرارية والأيونية الحرارية فان سريان التيار يحتاج إلى وقت حتى ترتفع فيه درجة حرارة المادة إلى الدرجة المطلوبة.

المواد شبه الموصلة Semi-Conductors[(12)]

المعلوم أن هناك مواد موصلة للتيار الكهربائي وأخرى عازلة، فالنحاس موصل جيد ومنه تصنع الأسلاك الكهربائية بينما الخشب موصل رديء جدا أو عازل بمعنى أنه لا ينقل التيار الكهربائي، غير أن هناك مواد تقع بين المواد شديدة التوصيل والمواد العازلة، وتعرف هذه المواد باسم أشباه الموصلات، والمقصود بذلك أن هذه المواد تصبح موصلة للتيار في ظروف معينة وعازلة في ظروف أخرى. والمواد شبه الموصلة بنية بلورية الأمر الذي يعني أن ذراتها يرتبط بعضها ببعض بالإلكترونات الموجودة في المدار الخارجي، وهي المعروفة بإلكترونات التكافؤ. وعند درجات الحرارة المنخفضة القريبة من الصفر المطلق (-273 درجة مئوية) يكون التركيب البلوري في

(12) قبيسي، د. حافظ، المرجع السابق، ص 108- 109

حالة توازن ولا توجد تبعا لذلك إلكترونات حرة، وحيث إن خاصية التوصيل الكهربائي ناتجة عن وجود إلكترونات حرة يحركها المجال الكهربائي فان غياب حركة هذه الإلكترونات يعني غياب خاصة التوصيل الكهربائي. ولذلك فحين لا توجد إلكترونات حرة في المواد شبه الموصلة عند درجة الصفر المطلق فإنها تصبح مواد عازلة، أما عند درجات الحرارة العادية أو عند توفر إشعاع ضوئي فانه يصبح من الممكن تحرير الإلكترونات من البنية البلورية أو الشبكية وينتج عن ذلك حدوث فجوات في أماكن الإلكترونات المحررة، والإلكترون كما هو معلوم يحمل الشحنة السالبة وتبعا لذلك يرمز للفجوة على أنها تحمل شحنة موجبة، وطالما استمرت عملية تحرير الإلكترونات فان باستطاعة المادة توصيل التيار.

وكما ذكرنا فان الإلكترون المحرر يترك خلفه فجوة مؤهلة لقبول الإلكترون نفسه أو أي إلكترون آخر، وحين يعود الإلكترون لملء الفجوة مرة أخرى فان خاصية التوصيل تختفي ذلك أنه لا يوجد عندها إلكترونات حرة، وفي المواد شبه الموصلة ذات التركيب البلوري النقي الذي لا توجد به شوائب من مواد أخرى يكون عدد الإلكترونات مساويا لعدد الفجوات وتتكرر بالتالي عملية اتحاد الإلكترونات بالفجوات مما يعطي المادة خصائص توصيلية رديئة.

وإذا حدث أن دخلت شائبة إلى التركيب البلوري للمادة شبه الموصلة وكان تكافؤها أعلى من تكافؤ المادة شبه الموصلة نفسها فان هذا يؤدي إلى وجود إلكترونات فائضة وحرة مما يعطي المادة خصائص توصيلية مرتفعة، فالسيليكون مثلا له أربعة إلكترونات في المدار الخارجي وتشكل ذراته بعضها مع بعض شبكة بلورية، فإذا دخل الفسفور الذي له خمس إلكترونات في المدار الخارجي واتحد مع السيليكون فان المادة الناتجة تحتوي على إلكترون إضافي حر الحركة، أما إذا دخل البورون الذي يحتوي على ثلاثة إلكترونات في المدار الخارجي فان المادة الناتجة تحتوي على فجوة وتحمل تبعا لذلك شحنة موجبة، وإذا جمعت المادة السالبة والمادة الموجبة في بلورة واحدة فان منطقة الاتصال بينهما حيث يحصل الانتقال من المادة السالبة الشحنة إلى المادة الموجبة الشحنة تعرف بنقاط الاتصال، وفي التطبيق العملي تتم صناعة نقاط الاتصال بطرق الانتشار أو الزرع الأيوني، و يستفاد

من نقاط الاتصال هذه في صنع الخلايا الشمسية.

الخلية الشمسية: Solar Cell [13]

الخلية الشمسية إذن هي تلك المادة البلورية التي تتم زراعة الشوائب فيها لتكوين مواد ذات شحنة موجبة وأخرى ذات شحنة سالبة ويفصل بينهما أو يلتقيان عند نقاط اتصال، وينتج التأثير الفوتوفولطي حين تقوم الأشعة الممتصة بتأمين ذرات ني منطقة قريبة من الموصل أي بتحرير إلكترونات. فإذا كانت طاقة الإشعاع الممتصة اكبر من طاقة ربط الإلكترون بالذرة فان ذلك يؤدي إلى تحرير الإلكترونات وتكوين أزواج من الإلكترونات-الفجوات، و يؤدي هذا بدوره إلى إحداث قوة حركة كهربائية يمكنها إحداث سريان تيار كهربائي، وتصبح الإلكترونات المحررة في المنطقة ذات الشحنة السالبة بينما تصبح الفجوات في المنطقة ذات الشحنة الموجبة، و بذلك يتولد فرق جهد كهربائي و يسير التيار الكهربائي في دائرة خارجية إذا تم ربط طرفي المنطقتين بسلك موصل.

تعتمد طاقة فوتونات ضؤ الشمس على طول الموجة الضوئية، فالفوتونات التي تكون طاقتها أكبر من طاقة ربط الإلكترون بالذرة تحدث التأثير الفوتوفولطي، أما الفوتونات التي تكون طاقتها أقل من ذلك فإنها تمتص وتولد الحرارة فقط دون توليد التأثير الفوتوفولطي أو الجهد الكهربائي، وحتى بالنسبة للفوتونات ذات الطاقة الكبيرة فان جزءا من طاقتها هو ما يستخدم في توليد التأثير الفوتوفولطي بينما يؤدي جزء آخر إلى توليد الحرارة.

تصنع الخلايا الشمسية من مواد مختلفة كالسيليكون وزرنيخ الجاليوم وكبريتيد الكادميوم، وإضافة إلى اختلاف المواد فان هناك طرقا عديدة لصناعة الخلية الشمسية من نفس المادة وتؤثر هذه العوامل سواء كانت اختلاف المواد أو اختلاف طرق التصنيع في كفاءة الخلية الشمسية، أي في كفاءة تحويلها طاقة الإشعاع الشمسي إلى كهرباء، فالخلايا المصنوعة من السيليكون إما أن تصنع من رقاقا ولها كفاءة تتراوح ما بين 12-18٪، وإما

(13) Godfrey,D,L. Photovoltaic Power Generation Van Nostrand Reinhold Co.,London, U.K., 1979,PP.66- 70

بطريقة تعرف بالغشاء الرقيق وتتراوح كفاءتها ما بين 2- 5 ٪، أما الخلايا الشمسية المصنوعة من زرنيخ الجاليوم والتي مازالت في طور التجارب فان كفاءتها تبلغ 16-20٪، وأما خلايا كبريتيد الكادميوم فتبلغ كفاءتها 5- 8٪[14].

ولرفع كفاءة الخلايا الشمسية تجرى التجارب على استعمال المجمعات الشمسية المركزة لتقوم بتركيز المزيد من الإشعاع الشمسي على الخلية وزيادة إنتاجها من الطاقة الكهربائية، غير أن هذا الأسلوب يصطدم بالتأثير السلبي على الكفاءة لارتفاع درجة حرارة الخلية، ولذلك يجرى التفكير في تبريد الخلايا الشمسية والاستفادة من المفعول الحراري بحيث تتحول الخلية إلى مجمع شمسي كهربائي-حراري تنتج الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية في آن واحد.

العوامل المؤثرة في كفاءة الخلية الشمسية [15]:

كما في المكائن الحرارية كذلك في الخلايا الشمسية هناك عوامل تؤثر في كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية، ففي المكائن الحرارية تلعب درجة حرارة التبخير والتكثيف دورا أساسيا في تحديد الكفاءة النظرية لتوليد الطاقة الكهربائية، إضافة بالطبع إلى كفاءة الأجهزة الوسيطة المستعملة، أما في الخلايا الشمسية فالكفاءة ليست محكومة بالعوامل التي تحد من كفاءة المكائن الحرارية، إلا أن هناك اعتبارات أخرى تحد من كفاءة الخلايا الشمسية بحيث إنها لا تزيد عن 25٪، وتعرف كفاءة الخلية الشمسية على أنها:

$$\text{كفاءة الخلية الشمسية} = \frac{\text{القيمة القصوى لحاصل ضرب التيار بالجهد الكهربائي}}{\text{مساحة السطح} \times \text{شدة الاشعاع الشمسي}}$$

أما العوامل المؤثرة على كفاءة الخلية الشمسية فهي:

1- العلاقة بين طاقة فوتونات ضوء الشمس وطاقة ربط الإلكترون بالذرة. قد ذكرنا أن تلك الفوتونات التي تكون طاقتها اكبر من طاقة ربط الإلكترون هي التي تنتج التأثير الفوتوفولطي، وتختلف طاقة الربط من مادة إلى أخرى لكنها تتراوح في معظم المواد المستعملة لصناعة الخلايا

(14) Meinel and Meinel, Op. cit. P.528 .

(15) Kreith and Kreider, op. cit, P.567

الشمسية بين ١,١- 3,2 إلكترون فولت، ففي السيليكون مثلا تساوي طاقة الربط ١,١ إلكترون فولت وبالتالي فان الفوتونات التي تكون طاقتها ١,١ إلكترون فولت أو اكبر هي التي تستفيد منها الخلية السيليكونية، وبالنظر إلى الطيف الشمسي نجد أن ذلك الجزء من الطيف الذي تبلغ طول موجاته ١,١2 ميكرون أو أقل يؤدي نظريا إلى توليد التأثير الفوتوفولطي في خلايا السيليكون، ويحتوي ذلك الجزء من الطيف الشمسي على 77٪ من طاقة الطيف بأكمله، وعلى ذلك فان هناك 23٪ من طاقة الطيف الشمسي لا تستفيد منها الخلية الشمسية المصنوعة من السيليكون.

2- تحول طاقة الفوتونات الممتصة إلى حرارة: إن الفوتونات التي طاقتها اكبر من طاقة ربط الإلكترون (طاقة التكافؤ) تمتص على أعماق مختلفة داخل الخلية، و يؤدي هذا إلى أن قسما من الإلكترونات المحررة تتحرر من منطقة بعيدة عن نقاط الاتصال ولا تستطيع الوصول إليها وبهذا تضيع طاقتها الحركية على شكل حرارة، بالإضافة إلى ذلك فان ذلك الجزء من طاقة الفوتون التي تزيد عن طاقة الربط يكتسبها الإلكترون بشكل طاقة حركية لكنه لا يلبث أن يفقدها بشكل حرارة ذلك أنها طاقة زائدة عن حاجته للتحرر، وفي خلايا السيليكون تبلغ الطاقة المفقودة بشكل حرارة ما يعادل 43٪ من كمية الطاقة الممتصة أو 33٪ من مجمل طاقة الطيف الشمسي.

3- تسرب جزء من التيار الكهربائي خلال نقاط الاتصال. وتعتمد قيمة التيار المتسرب على درجة حرارة الخلية، وبالتالي حرارة نقاط الاتصال، فكلما ارتفعت درجة الحرارة هذه ازدادت كمية التيار المتسرب، ومن هنا تأتي أهمية تبريد الخلايا الشمسية، فالكفاءة النظرية لخلايا السيليكون تصل إلى صفر حين ترتفع حرارتها إلى 300 درجة مئوية، لكن في التطبيقات العملية وتحت تأثير الإشعاع الشمسي والظروف المناخية المحيطة فان خسارة نقاط الاتصال تصل إلى 38٪ من الجزء المتبقي بعد طرح قيمة الإشعاع غير الممتص والطاقة المتحولة إلى حرارة، و بالنسبة إلى كل طاقة الطيف الشمسي تبلغ خسارة نقاط الاتصال حوالي 5,١7٪، مما يترك حوالي 5,26٪ من طاقة الطيف الشمسي في الخلية بشكل طاقة كهربائية.

4- مصادر خسارة أخرى تتمثل بعكس الخلية لجزء من الإشعاع الشمسي، والخسارة الناتجة عن إعادة اتحاد بعض الإلكترونات المحررة بالفجوات

إضافة إلى الخسارة في المقاومات الكهربائية في الخلية، وتشكل هذه المصادر جميعا حوالي 12٪ من مجمل الطيف الشمسي الأمر الذي يؤدي إلى أن تصل كفاءة الخلايا السيليكونية في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية إلى حوالي 14 ٪ فقط.

هناك بالطبع مصادر أخرى لفقدان الطاقة لكنها توجد في الأجهزة الخارجية المربوطة بالخلايا كأجهزة تحويل التيار الثابت إلى تيار متردد أو كفاءة خزن الطاقة الكهربائية في البطاريات ناهيك عن كفاءة الأجهزة الكهربائية في نقطة الاستعمال النهائي، فلو فرضنا أن كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى تيار متردد على الجهد الكهربائي المطلوب تبلغ 10٪ وأن هذا التيار يستعمل لتشغيل موتور كهربائي كفاءته 70٪ فان الكفاءة النهائية من نقطة التحويل (الخلية الشمسية) إلى نقطة التسليم (المفعول المطلوب إحداثه) تبلغ في الواقع 7٪ فقط.

تطبيقات التحويل المباشر:

الطاقة الكهربائية هي اكثر أنواع الطاقة مرونة إذ يمكن تحويلها إلى الأنواع الأخرى من الطاقة بسهولة كما يمكن استخدامها في تلبية معظم احتياجات البشر من الطاقة، فالطاقة الكهربائية تتحول إلى ضؤ وحرارة في المصابيح الكهربائية، وتتحول إلى طاقة حرارية في السخانات الكهربائية، والى طاقة حركية في الموتورات الكهربائية، كذلك فان نقل الطاقة الكهربائية لا يحتاج إلا إلى أسلاك يمكن بواسطتها إيصال التيار الكهربائي إلى أية نقطة كانت، بل إنها في بعض الحالات، لا تحتاج حتى للأسلاك إذ يمكن نقلها في الفضاء بواسطة أجهزة الميكرويف.

وتعتمد الاستعمالات الشائعة للطاقة الكهربائية على التيار المباشر (الطردي) أو التيار المتردد، وتقوم الخلايا الشمسية بتوليد التيار المباشر، غير أن ذلك لا يشكل أية عقبة تذكر ذلك أن بالإمكان تحويل التيار المباشر إلى تيار متردد باستعمال أجهزة التحويل الملائمة والمتوفرة تجاريا.

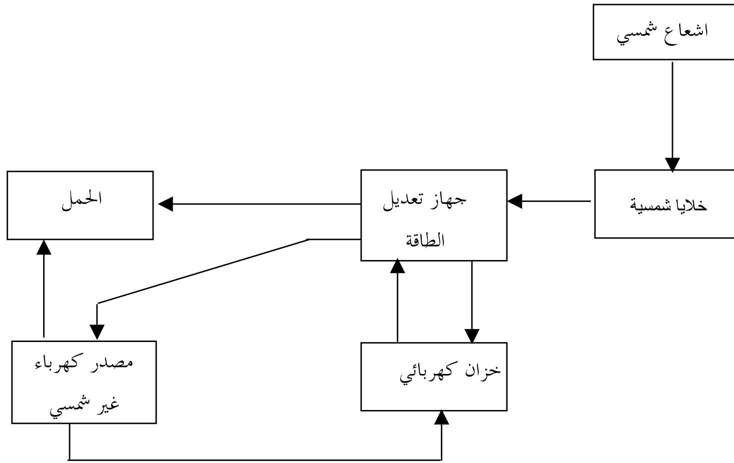
لكن نظرا لخصائص الإشعاع الشمسي المتمثلة في توفره خلال ساعات محددة أثناء النهار، ونظرا لتغير شدة الإشعاع الشمسي أثناء ساعات النهار فان استعمال الخلايا الشمسية لتزو يد الأجهزة بمتطلباتها من الطاقة

يقتضي استعمال وسائل خزن ملائمة لتخزين كمية الطاقة الزائدة عن الحاجة أثناء توفر الإشعاع الشمسي واستعمالها من بعد في الأوقات التي لا يتوفر فيها الإشعاع، لذلك فان أنظمة الطاقة التي تعتمد على الخلايا الشمسية تضم إلى جانب الخلايا نفسها أجهزة لتخزين الطاقة.

وتختلف أجهزة تخزين الطاقة حسب طبيعة الاستعمال المطلوب والخصائص الفيزيقية لمنطقة الاستعمال، ففي التطبيقات التي تحتاج إلى مقدار قليل من الطاقة كتلك المستعملة لتشغيل أجهزة الاتصال وأنوار الإرشاد والتحذير كما في المطارات والموانئ أو محطات ضخ المياه الصغيرة الحجم نسبيا فان استعمال البطاريات هو الأمر الشائع ويفي بالغرض المطلوب، أما إذا كانت مساحة الخلايا الشمسية كبيرة جدا فان خزن الطاقة الزائدة في بطاريات يصبح مكلفا وغير عملي ويجب في هذه الحالة اللجوء إلى أنظمة تخزين أخرى، ومن بين أجهزة التخزين المقترحة ضخ المياه إلى خزانات عالية لاستعمال المياه بعد ذلك في تشغيل توربينات لإنتاج الكهرباء كما في محطات التوليد الكهرومائية التي تقام عند السدود على الأنهار، وإذا تعذر مثل هذا الأمر فبالإمكان استخدام الطاقة الكهربائية من الخلايا في عمليات التحليل الكهربائي لفصل الماء إلى أوكسجين وهيدروجين لاستخدام الهيدروجين بعد ذلك لتوليد الطاقة الكهربائية، كذلك بالإمكان تشغيل ضاغطات الهواء وخزن الهواء في خزانات كبيرة فوق الأرض أو تحتها واستعمال الهواء المضغوط بعد ذلك في تشغيل أحد التوربينات لإنتاج الطاقة الكهربائية أو حتى استعماله مباشرة لتشغيل بعض الأجهزة والآلات.

ونقدم في الشكل رقم (16) مخططا هيكليا لنظام طاقة يستخدم البطاريات لخزن الطاقة الكهربائية، وفي مثل هذه الأنظمة تبرز الحاجة إلى استعمال أجهزة تحويل التيار المباشر إلى تيار متردد إذا كان الاستعمال المطلوب يحتاج إلى تيار متردد، وتتم عملية تحويل التيار باستعمال المحولات أو القالبات (Inverters)، وفي العادة تحتوي أنظمة الطاقة على مصدر إضافي للطاقة الكهربائية لضمان تزويد الطاقة المطلوبة في حالة عجز الخلايا الشمسية وأجهزة الخزن عن تلبية المتطلبات لسبب أو لآخر.

مازالت استعمالات الخلايا الشمسية محدودة في تلك التطبيقات التي تبرر تكلفتها المرتفعة، ولذلك فمازالت معظم الاستعمالات مقتصرة على



شكل 16 – مخطط هيكلي لدائرة كهربائية للتحويل المباشر للأشعة الشمسية الى طاقة كهربائية

المناطق البعيدة والمعزولة التي يتطلب إيصال التيار الكهربائي إليها مصاريف عالية (تكاليف أسلاك وكابلات كهربائية، مولدات كهربائية، نقل الوقود، صيانة) بحيث يصبح استعمال الخلايا الشمسية مبررا من الناحية الاقتصادية، والواقع أنه ما كان لتكنولوجيا الخلايا الشمسية أن تصل إلى المرحلة الحالية من التطور لو أنها خضعت للاعتبارات الاقتصادية منذ البداية، فقد كان لدخول الإنسان عصر الفضاء أثر كبير في تطوير الخلايا الشمسية واستعمالها دون النظر إلى تكلفتها الاقتصادية، ذلك أن تطويرها واستعمالها خضع لاعتبارات استراتيجية وعسكرية في كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي.

وبالإضافة إلى استعمال الخلايا الشمسية في تشغيل أجهزة الاتصالات في المناطق البعيدة وتزويد الطاقة الكهربائية لبعض القرى المعزولة فان هناك بعض التطبيقات العملية لتزويد الطاقة الكهربائية للمجمعات السكنية والورش. وتصل قوة الطاقة المولدة في بعض هذه المشاريع إلى 100 كيلوواط أو أكثر.

وبالنسبة للدول العربية فمازال استعمال الخلايا الشمسية مقتصرا

بشكل أساسي على مراكز البحث العلمي التي تقوم بتجارب على دراسة كفاءة الخلايا وإمكانية استعمالها، واكبر مشروع لاستعمال الخلايا الشمسية في العالم العربي هو في الواقع في مرحلة الإنشاء في المملكة العربية السعودية، حيث سيتم تزويد قرية بكامل متطلباتها من الطاقة باستعمال الخلايا الشمسية وغيرها، وستبلغ القدرة النهائية للخلايا الشمسية عند اكتمال المشروع 350 كيلوواط و ينتظر أن ترتفع مستقبلا إلى 1000 كيلوواط.

بهذا نكون قد انتهينا من الفصل الخاص بالطاقة الشمسية وتحويلها الحراري والكهربائي، غير أن مظاهر الطاقة الشمسية لا تتوقف عند هذا الحد بل إنها توجد في الطبيعة بشكل الطاقة الموجودة في حركة الرياح والطاقة الناتجة عن فروق درجات الحرارة في البحار والمحيطات، والأهم من ذلك طاقة التمثيل الضوئي في عالم النباتات الخضراء على الكرة الأرضية، كل هذه التجسدات هي مصادر محتملة للطاقة استعمل الإنسان معظمها في الماضي ومازال يستعمل بعضها إلى يومنا هذا.

ملحق

حساب الزوايا الشمسية

لحساب زاوية الزمن تستعمل العلاقة الآتية:

ز = (ق ش-12) * 15

حيث ق ش تعني الوقت الشمسي، فمثلا إذا كان الوقت الشمسي التاسعة صباحا فان زاوية الزمن تساوى45 درجة وإذا كان السادسة عشرة (الرابعة بعد الظهر) فان زاوية الزمن تساوي 60 درجة، وبالمناسبة فان إشارة السالب أو الموجب قبل قيمة الزاوية ليست ذات اعتبار لأن ما يهمنا هو جيب تمام الزاوية الذي لا يتأثر بالإشارة التي تسبق قيمة الزاوية.

بهذا تكون الزوايا الأساسية الثلاث، زاوية خط العرض وزاوية ميل الشمس وزاوية الزمن، قد توضحت وأصبح بالإمكان حسابها واستخدامها في بعض التطبيقات العملية.

تطبيقات عملية:

الآن، وقد عرفنا كيف نجد قيم الزوايا المختلفة فإننا سنقدم بعض التطبيقات العملية التي بإمكان القارئ أن يجريها بنفسه، والتي نأمل أيضا أن تشكل دليلا لمن يرغب في معرفة المزيد.

1- حساب وقت شروق الشمس وغروبها:

سنعود مرة أخرى إلى معادلة زاوية ارتفاع الشمس والتي تتخذ الشكل التالي:

جا(ر) = جتا(ع)جتا(م)جتا(ز) + جا(ع)جا(م)

حين تشرق الشمس وحين تغرب تكون زاوية ارتفاع الشمس تساوي صفرا. وكما هو معلوم فان جيب الزاوية صفر يساوي صفرا. وبهذا تتخذ المعادلة السابقة الشكل التالي:

صفر= جتا(ع) جتا(م)جتا(ز) + جا(ع)جا(م)

وإذا وضعنا العلاقة بشكل آخر فإنها تصبح:

جتا(ز)=-ظا(ع)ظا(م)

فإذا أردنا معرفة وقت شروق وغروب الشمس في أي منطقة في أي يوم من أيام السنة فما علينا سوى أن نجد ظل زاوية خط العرض وظل زاوية ميل الشمس في اليوم المذكور لنستخرج منهما قيمة زاوية الزمن ونحولها بعد ذلك إلى ما يقابلها من الساعات.

مثال: احسب وقت الشروق والغروب في 1 آب في نقطة تقع على خط عرض 40 شمال خط الاستواء. زاوية ميل الشمس في 1 آب تساوي 12, 18ً

جتا(ز)	=	**-ظا(40) ظا(12, 18)**
	=	**-(0,839) (0,329)**
	=	**-0,276**
ز	=	**106 درجة**

وبتحويل قيمة الزاوية إلى ساعات بواسطة تقسيمها على5، نجد أن ز تساوي 7 ساعات و 4 دقائق.

وقت الشروق = **12 – 4 : 7**

= **4 : 56**

أي أن وقت الشروق هو الرابعة والدقيقة السادسة والخمسون صباحا، أما الغروب فهو في السابعة و 4 دقائق مساء.

2- حساب طول اليوم

إن حساب طول اليوم بسيط إذ أن طول اليوم هو المسافة الزمنية بين شروق الشمس وغروبها، وما دامت قد تمت معرفة وقت الشروق والغروب فالمطلوب هو طرح قيمة وقت الغروب من وقت الشروق، وبطريقة أخرى فان طول اليوم يساوي ضعف قيمة زاوية الزمن حين الشروق أو الغروب ففي المثال السابق يبلغ طول اليوم 14 ساعة و8 دقائق.

نلاحظ مما تقدم أن طول الوقت من وقت الشروق إلى الظهر يساوي طول الوقت من الظهر إلى الغروب، وهذا يعني أن حركة الشمس على طرفي خط الظهر تكون متماثلة. و ينطبق ذات الأمر على كمية الإشعاع الشمسي التي يتلقاها سطح ما على سطح الأرض و ينطبق أيضا على زوايا ارتفاع الشمس والسمت الشمسي، إن هذا التماثل في حركة الشمس حول خط الظهر ذو أهمية خاصة في الحسابات الخاصة بالطاقة الشمسية فهو يسهل من هذه الحسابات و يقربها من الإدراك.

3- حساب زوايا ارتفاع الشمس والسمت الشمسي:

إن تطبيق المعادلات الخاصة بزوايا ارتفاع الشمس والسمت الشمسي تعطي وصفا لموقع الشمس في السماء بالنسبة لمشاهد يقف في نقطة ما على سطح الأرض، وهناك الكثير من النتائج التي يمكن استخلاصها من معرفة موقع الشمس بالنسبة للأرض إذ أنها تمكننا من تقدير كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على الأسطح الأفقية والعمودية والمائلة ذات الاتجاهات المختلفة، كما أنها تمكننا من معرفة زوايا سقوط أشعة الشمس على مختلف الواجهات. وبشكل خاص يستطيع المعماريون من خلال معرفتهم بهذه الزوايا أن يتحكموا في تثبيت أماكن النوافذ في الواجهات المختلفة واستعمال وسائل التظليل الملائمة بحيث يتمكنون من التحكم في دخول أو حجب أشعة الشمس عن مناطق معينة في البنايات، وتعتبر هذه المعرفة من الأمور الأساسية فيما يعرف بالتصاميم السلبية للمباني حيث يتم التحكم في دخول أو حجب أشعة الشمس عن داخل المبنى بواسطة التصميم المعماري، الأمر الذي يؤثر على الاستجابة الحرارية للمباني للتغيرات المناخية المحيطة بها، فمثلا من الأفضل السماح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى داخل البنايات في فصل الشتاء حين يكون الجو باردا وذلك لتدفئتها أما في فصل الصيف فمن الأفضل حجب الأشعة وذلك لتقليل الحمل التبريدي للبناية.

مثال: احسب زاوية ارتفاع الشمس وزاوية السمت الشمسي الساعة العاشرة صباحا حسب التوقيت الشمسي في21 آذار في مدينة الكويت الواقعة على خط عرض 30 درجة شمال خط الاستواء.

من المعلومات الواردة في السؤال نجد أن مقادير الزوايا الأساسية الثلاث هي كما يلي:

زاوية خط العرض	=	**30 درجة**
زاوية ميل الشمس	=	**صفر درجة**
زاوية الزمن	=	**30 درجة**
جا (ر)	=	**جتا(30)جتا(30) + جا(30)جا(صفر)**
	=	**0,866 * 1 * 0,866 + 0,5 * صفر**
	=	**0,75**
	=	**48,6 درجة وهي قيمة زاوية ارتفاع الشمس**

أما زاوية السمت الشمسي فتحسب حسب المعادلة التالية:

جا(س)	=	**جتا(م) جا(ز) ÷ جتا(ر)**
	=	**جتا (صفر) جا (30)÷جتا (48,6)**
	=	**1 * 1/2 ÷ 0,66**
	=	**0,757**
س	=	**49,2 درجة شرق خط الشمال-الجنوب المار في مدينة الكويت.**

4- رسم الخرائط الشمسية:

إن بالإمكان استخدام الزوايا الشمسية لعمل خرائط شمسية تقدم وصفا لطبيعة حركة الشمس بالنسبة إلى أي نقطة على سطح الأرض، فبدل القيام بعمليات حسابية لإيجاد موقع الشمس بالنسبة إلى نقطة على سطح الأرض فان الخرائط الشمسية تسهل من هذه المهمة وتقدم صورة عن حركة الشمس النسبية طوال العام، كذلك فان بالإمكان استخدام هذه الخرائط لحساب زاوية سقوط أشعة الشمس على الأسطح الأفقية والعمودية لأي بناية طوال النهار وهو الأمر الذي يسهل للمعماري إدخال الوسائل الملائمة في تصميم البنايات لحجب الشمس عن بعض أجزاء البناية أو السماح لها بالنفاذ إلى الداخل. و يمكن استخدام هذه الخرائط لإيجاد كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على الأسطح الأفقية بشكل تقريبي خاصة في أيام الصحو، ولعمل خريطة شمسية لأي نقطة في العالم تتبع الخطوات التالية:

1- ارسم خطين متعامدين أحدهما يمثل خط الشمال-الجنوب والآخر خط الشرق-الغرب.

2- ثبت فرجارا في نقطة التقاطع وارسم تسع دوائر تزداد أقطارها بشكل عددي بمعنى أنه إذا كان قطر الدائرة الأولى 1 سم فان قطر الدائرة الثانية 2 سم والثالثة 3 سم وهلم جرا.

3- رقم هذه الدوائر بحيث تجعل الدائرة الخارجية تمثل صفر درجة والتي تليها تمثل 10 درجات وهكذا إلى أن تصل إلى أن مركز الدوائر (خط تقاطع المحورين) يمثل 90 درجة، وتمثل قيم هذه الدوائر بالدرجات زاوية ارتفاع الشمس.

4- قسم محيط الدائرة الخارجية إلى أقسام متساوية بحيث يمثل كل قسم 10 درجات وارسم أقطار الدوائر التي تصل بين النقاط المتقابلة وتمر في مركز الدوائر (خط تقاطع المحو ين)، وتمثل هذه القيم زاوية السمت الشمسي.

5- لتعيين حركة الشمس في أي يوم خلال السنة بالنسبة لمشاهد يقف في مركز الدوائر أبدأ بحساب زاو يتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي خلال ساعات النهار، فمن أجل تعيين موقع الشمس في أي لحظة يتطلب الأمر معرفة الزاويتين سالفتي الذكر حسب المعادلات السابقة، فلو أردنا تعيين موقع الشمس كما في المثال السابق فإنها تقع على نقطة عل محيط دائرة نصف

قطرها 48،6درجة وتبعد 2، 49 درجة باتجاه الشرق عن الخط الخارج من مركز الدوائر باتجاه الجنوب.

6- بعد أن يتم تعيين مواقع الشمس خلال ساعات النهار المختلفة ارسم خطا يمر في كل هذه النقاط، و يمثل هذا الخط مسار الشمس خلال ذلك اليوم بالنسبة لمشاهد يقف في مركز الدوائر.

علينا ملاحظة أنه إذا كانت حركة الشمس النسبية متماثلة خلال اليوم الواحد حول خط الظهر الشمسي فإنها أيضا متماثلة حول الخط الذي يصل بين نقطتي الانقلاب الصيفي والشتوي على مدار الأرض حول الشمس، و يعني هذا أن حركة الشمس النسبية من 21 يونيو حزيران إلى 21 ديسمبر كانون الأول مرورا بأشهر يوليو-تموز، وأغسطس-آب، وسبتمبر-أيلول، وأكتوبر-تشر ين الأول، ونوفمبر-تشر ين الثاني تماثل حركتها بين ذات اليومين مرورا بأشهر مايو-أيار، ابر يل-نيسان، ومارس-آذار، وفبراير-شباط و يناير-كانون الثاني، وهذا التماثل في حركة الشمس له أهمية كبيرة في الحسابات الشمسية إذ انه يسهل من عمل النماذج الرياضية التي تصف حركة الشمس وكميات الإشعاع الشمسي الساقطة في منطقة ما.

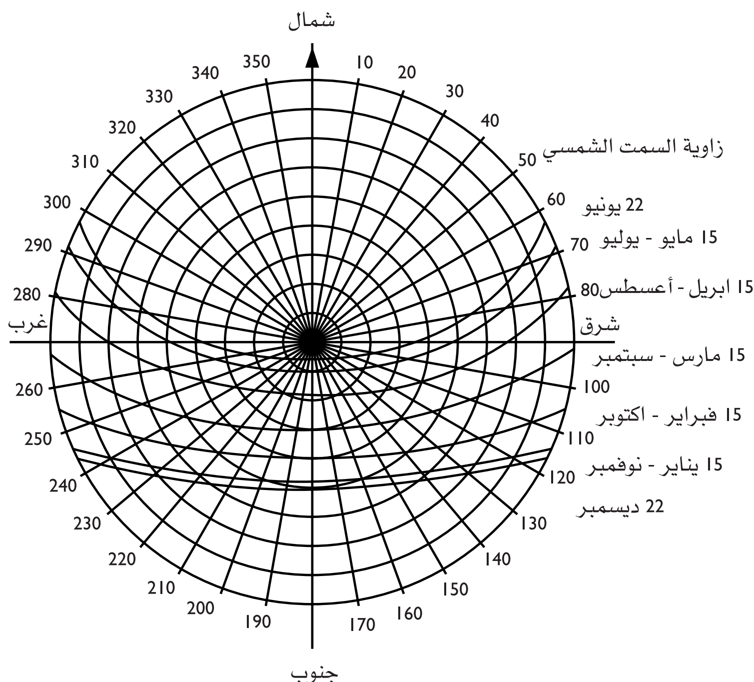
في الشكل رقم (17) نقدم خريطة شمسية للكويت تبين حركة الشمس وموقعها بالنسبة لمشاهد يقف في الكويت، ولأجل تعيين موقع الشمس في أي وقت خلال العام فالمطلوب هو معرفة الوقت الشمسي واليوم ومن ثم تعيين النقطة المطلوبة وقراءة زوايا ارتفاع الشمس والسمت الشمسي مباشرة، هناك استعمالات أخرى لهذه الخريطة الشمسية إذ يمكن بواسطتها معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس على أي سطح أفقي أو عمودي مهما كان اتجاه هذا السطح العمودي، فبالنسبة للسطح الأفقي يمكن إيجاد زاوية سقوط أشعة الشمس باستعمال العلاقة التالية:

زاوية ارتفاع الشمس + زاوية سقوط أشعة الشمس = 90 درجة

وبإيجاد زاوية ارتفاع الشمس من الخريطة الشمسية يمكن إيجاد زاوية سقوط أشعة الشمس على السطح الأفقي، أما بالنسبة للأسطح العمودية فمن اجل حساب زاوية سقوط أشعة الشمس على أي سطح عمودي ارسم خطا عموديا من النقطة التي تمثل موقع الشمس على المحور المتعامد مع الواجهة المذكورة. فمثلا إذا أردنا معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس على الواجهة الشرقية في الساعة العاشرة صباحا من يوم 21 آذار فإننا نقوم بتعيين موقع الشمس في تلك الساعة ثم نرسم خطا من هذه النقطة يسقط عموديا على المحور الخارج من مركز الدوائر باتجاه الشرق، عند نقطة التقاطع أقرأ قيمة الزاوية واستعمل العلاقة التالية:-

زاوية السقوط على الواجهة العمودية = 90-زاوية نقطة التقاطع ففي المثال السابق تكون زاوية السقوط على الواجهة الشرقية لبناية في الكويت في الساعة العاشرة صباحا بالتوقيت الشمسي في 21 آذار تساوي 31 درجة.

إن بالإمكان أيضا استخدام الخرائط الشمسية لمعرفة كمية الإشعاع الشمسي الساقطة على السطح الأفقي بشكل تقريبي بتقريبي وقد وضعنا على الخريطة في الشكل رقم (17)بعض الأرقام الخاصة بكميات الإشعاع الشمسي والتي سنشير لها بشكل مفصل في جزء لاحق.



شكل ١٧ ـ خريطة شمسية للكويت

8 حفظ الطاقة وصيانتها

إن الحديث عن مصادر الطاقة البديلة لا يكتمل إلا بمعالجة مسألة حفظ الطاقة وصيانتها، ونأمل أن لا يجد القارئ غرابة في تأكيدنا على هذا الموضوع إذ أننا في الفصول السابقة أشرنا إلى أن بعض مصادر الطاقة البديلة كالطاقة الشمسية والهوائية وغيرها هي مصادر متجددة ودائمة، ولذلك فلا مبرر للحديث عن مسألة حفظ الطاقة وصيانتها مادام هناك مصادر لا تنضب، غير أن الحديث عن الطاقة البديلة يسير جنبا إلى جنب مع مسألة حفظ الطاقة بل إن القضايا التي سنطرحها في هذا الفصل ستبين بشكل واضح أن حفظ الطاقة ليس في النهاية إلا التعامل العلمي مع مصادر الطاقة كافة المتجددة منها والمحدودة.

لقد كان لما يدعى باسم «أزمة الطاقة» دور هام في لفت أنظار المختصين بشئون الطاقة إلى موضوع حفظها وصيانتها من التبذير والى تأكيد ضرورة التعامل معها بشكل علمي، ولقد كان من نتائج «أزمة الطاقة» أن أخذ المهتمون بالموضوع بدراسة القطاعات التي يستهلك فيها الإنسان الطاقة والبحث فيما إذا كان بالإمكان تقليل استهلاك الطاقة دون التأثير على مستوى رفاهية الفرد أو

على القدرات الإنتاجية للمجتمعات الأخرى.

ومما لا شك فيه أن توفر مصادر الطاقة أمر أساسي لرفاه الإنسان وتقدمه ورفع مستواه المعاشي وزيادة قدراته على التعامل مع المعطيات الطبيعية من أجل إنتاج متطلباته الحياتية، والواضح تاريخيا أنه كلما اكتشف الإنسان مصدرا جديدا للطاقة حدثت ثورة علمية في حياته زادت من قدراته الإنتاجية في مجال الصناعة والزراعة والتجارة والسفر والتنقل وتوفير متطلبات الراحة المادية.

شكلت الثورة الصناعية في أوروبا في القرون الماضية نقطة تحول في أنماط استخدام الإنسان للطاقة، فبعد أن كان الإنسان يعتمد على قواه العضلية أو على الحيوانات أو بعض المصادر الطبيعية كالشمس والرياح وحركة المياه أخذ بالاعتماد على مصادر جديدة للطاقة كالفحم في البداية ثم النفط والغاز لاحقا والطاقة النووية بعد ذلك، وترافق مع الثورة الصناعية ازدياد الآلات الميكانيكية وانتشارها بشكل واسع وأخذت بدورها تزيد من الطلب على مصادر الطاقة الجديدة، ثم أتى عصر الكهرباء وتوسع استعمال الطاقة الكهربائية في المنازل والمصانع، وقد خلق هذا بدوره المزيد من الطلب لمصادر الطاقة.

وتكثفت الجهود البشرية في هذا القرن للبحث عن مصادر الطاقة من فحم وبترول وغاز لتلبية الطلب المتصاعد على مصادر الطاقة هذه، ومع المزيد من اكتشاف مصادر الطاقة كان الاستهلاك يتصاعد بمعدلات عالية وكانت مصادر الطاقة الجديدة تحل محل المصادر القديمة، ووصل الأمر إلى حد أن البشر بدءوا وكأنهم مغرمون بالبحث عن طرق ووسائل لاستهلاك ما يكتشف من هذه المصادر دون التفكير في المستقبل، وقد ساعد على تصاعد معدلات استهلاك الطاقة حقيقة أنها كانت سلعة رخيصة جدا بالمقارنة مع السلع الأخرى، وتدريجيا أخذت الحياة الحديثة تتجه لأن تصبح معتمدة بشكل أكبر وأكبر على توفر مصادر لا تنضب من الطاقة.

غير أن فترة الأحلام الوردية القائمة على توفر مصادر للطاقة لا تنضب وبشكل رخيص لم تدم طويلا إذ سرعان ما قرع الجرس معلنا للجميع أننا قد أغفلنا مسألة جد أساسية وهي الصفة الأكثر أهمية لمصادر الطاقة الجديدة من فحم ونفط وغاز ألا وهي محدودية هذه المصادر، لقد تعلمنا

بسرعة الحقيقة القائلة بأن أقصى ما يمكن أن نطمح إليه هو أن نكتشف المزيد من مناجم الفحم أو المزيد من حقول النفط والغاز، وتعلمنا أيضا حقيقة إن هذا المزيد فيما لو تم استغلاله فانه لن يكون بالشكل ذاته الذي اعتدنا عليه، وحتى لو تجاوزنا مسألة الأسعار والتكلفة فانه يبقى أمامنا حقيقة اكثر سطوعا وهي أنه مهما كان حجم اكتشافاتنا من مصادر الطاقة الجديدة وغير المتجددة فإننا مواجهون أزمة في زمن مستقبلي قريب. إن نضوب مصادر الطاقة الحالية أمر لا مفر منه وهو إن لم يحدث في عصرنا فانه سيحدث في عصر الأجيال التي ستأتي من بعدنا.

إذن فنحن مقبلون على عصر ستنضب فيه مصادر الطاقة كالفحم والبترول والغاز، ومادمنا نعي هذه الحقيقة ونقبل بها فإن علينا أن نجد الحلول لهذه المعضلة إن أردنا توفير سبل الحياة لأنفسنا وللأجيال من بعدنا.

تتركز الاتجاهات المعاصرة لمواجهة محدودية مصادر الطاقة الحالية واحتمال استنزافها المستقبلي في اتجاهين أساسيين: الأول هو البحث عن مصادر بديلة للطاقة و يفضل أن تكون مصادر دائمة ومتجددة وقليلة الآثار التلويثية ما أمكن ذلك، والثاني هو التعامل مع مصادر الطاقة ومع احتياجاتنا للطاقة بشكل علمي لتقليل معدلات استنزاف المصادر الحالية وللتأقلم مع المعطيات التي ستفرضها بالتأكيد مصادر الطاقة البديلة.

ويجري في العديد من دول العالم-وبخاصة الدول الصناعية المتقدمة- العديد من حملات التوعية التي تطالب المستهلكين بالحد من استهلاك الطاقة، وفي العادة تشير هذه الحملات إلى الوسائل والأساليب التي يستطيع بواسطتها الناس تقليل استهلاكهم للطاقة في جميع المجالات، وتؤكد هذه الحملات على أن تقليل معدلات الاستهلاك من خلال اتباع الإرشادات المختلفة لن تؤثر على مستوى الرفاه الحالي للبشر في تلك المجتمعات.

إن مثل هذه الحملات صحيحة فيما تذهب إليه، إذ بالإمكان تقليل استهلاكنا من الطاقة مع الاحتفاظ بالمستويات المعاشية حتى في اكثر الدول رفاهية، لكن ورغم صحة ما تذهب إليه هذه الحملات فإنها لا تخبرنا بالقصة الكاملة، إذ أنها تركز على جانب واحد من مسألة الطاقة وهو إجراءات حفظ الطاقة وتقليل استهلاكها، إن الحديث عن إجراءات

حفظ الطاقة هو جانب واحد من موضوع أعم وأشمل هو موضوع الطاقة بشكل عام، أن الحديث عن حفظ الطاقة يشمل ضمنيا استهلاكها فلا يمكن اللجوء إلى إجراءات حفظ الطاقة دون أن نكون دخلنا مرحلة استهلاكها.

ومن هنا فإن الحديث عن حفظ الطاقة يقتضي منا التعامل مع موضوع الطاقة من الألف حتى الياء، وضمن هذا المنظور سنناقش مسألة حفظ الطاقة وصيانتها.

أسئلة أساسية:

قد يبدو غريبا أن نأتي في هذه المرحلة لنطرح بعض الأسئلة الأساسية حول موضوع الطاقة، فقد انتشر استعمال الطاقة بشكل واسع في كافة المجالات الحياتية ودخلت الآلات والأجهزة التي تعمل بالطاقة إلى كل بيت ومكتب ومصنع ومزرعة، ووصل الأمر إلى درجة من التطور أصبح فيه من الصعب على الإنسان أن يفكر بأن ثمة طريقا آخر للاحتفاظ بأنماط الحياة الحالية دون ضمان استمرار تدفق سيل لا نهاية له من مصادر الطاقة التقليدية من بترول وفحم، لكن لا يشك إنسان في أن هذه المصادر آيلة إلى النضوب مما يهدد الأنماط المعيشية الحالية بالخطر و يضع مستقبل الإنسان في مأزق.

لقد اعتاد الكثير من الناس-وبخاصة في المجتمعات الصناعية المتقدمة- على أنماط معيشية تقوم على استهلاك مكثف للطاقة، فالمصانع بحاجة إلى مصادر دائمة للطاقة كي تستمر في العمل والإنتاج، والناس بحاجة إلى وسائط نقل ومواصلات وهي بدورها تحتاج إلى طاقة بشكل محروقات كالبنزين والديزل، والبيوت والمكاتب أخذت تعتمد على الكهرباء والغاز لأغراض التدفئة والتبريد والطبخ، ولتشغيل الثلاجات والغسالات والأجهزة الكهربائية الأخرى، وباختصار أصبح كل جانب في حياتنا يعتمد على الطاقة، وأصبح من العسير علينا التفكير بأنه يمكننا التأقلم مع أوضاع معيشية لا تقوم على الاستخدام المكثف للطاقة.

ولكن بالرغم من أن صورة الوضع الحالي لاستهلاك الطاقة هي صورة حقيقية وقائمة إلا أنها ليست الصورة الوحيدة الممكنة، إن أنماط الاستهلاك

الحالية للطاقة ليست أنماطا سرمدية ولم توجد منذ آلاف السنين بل إنها صور حديثة جدا، وحتى لا نقع في شرك أنماط الاستهلاك السائدة في الدول الصناعية لابد من الإشارة إلى أن الغالبية من السكان في العالم المتواجدين في الدول الفقيرة يستهلكون كميات قليلة جدا من الطاقة مقارنة بما يستهلكه سكان الدول الصناعية المتقدمة، وقد يطرح البعض وجهة النظر القائلة بأن هناك علاقة بين التطور الصناعي وبين زيادة استهلاك الطاقة وهو ما يبرر هذا الاستهلاك العالي من الطاقة في الدول الصناعية، ولا نشك. في أن التطور الصناعي يستدعي زيادة الطلب على الطاقة لكننا نود التأكيد على أن العلاقة بين التطور الاقتصادي واستهلاك الطاقة ليست بالضرورة هي العلاقة القائمة حاليا، و بالنتيجة فان مستويات التطور الاقتصادي الحالية لا تفترض بالضرورة معدلات الاستهلاك الحالية من الطاقة.

إذا كنا بحاجة إلى إثبات حقيقة أن مستوى الرفاهة ليس مرتبطا بالضرورة بزيادة استهلاك الطاقة فسنأخذ على سبيل المثال استهلاك الطاقة في تدفئة البنايات وتبريدها، إن الأمر البديهي في هذا المجال هو أن استعمال العوازل الحرارية في البنايات وتصميم البنايات بشكل علمي يستفيد من المعطيات البيئية ويقلل من كمية الطاقة المطلوبة للاحتفاظ بأجواء ملائمة ومريحة داخل البنايات، لكن الفارق بين عزل البنايات بالعوازل وعدم عزلها أو بنائها بشكل علمي أو عدم بنائها هو فارق لا علاقة له بالطاقة وتوفرها بل يعتمد على مجموعة المفاهيم السائدة في المجتمع وعلى بعض العوامل الاقتصادية والاجتماعية وحتى الجمالية، غير أنه من وجهة نظر استهلاك الطاقة فان عزل البنايات وبناءها بطريقة علمية ملائمة للمناخات السائدة يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير دون أن يؤثر في رفاه الإنسان الذي يسكن هذه البنايات. هذا مثال واحد من أمثلة كثيرة تدلنا على أنه بالإمكان الاحتفاظ بمستويات حياتية جيدة دون الحاجة إلى تبذير الطاقة.

ولكي نتبين الأمر على مستوى اكبر فإننا نشير إلى دراسة[1] عن الطاقة في الدانمارك تبين منها أن معدل استهلاك الفرد الدانمركي من الطاقة

(1) Lovins, A. B. Soft Energy Paths, Penguin Books, England, 1977, P8

لأغراض التدفئة والطبخ قد انخفض في الفترة ما بين بداية القرن السادس عشر إلى أوائل القرن العشرين، ثم أخذ بالارتفاع مرة أخرى، وحتى نوضح الأمر بشكل أفضل نقدم الجدول التالي[2]:

جدول رقم (1)

معدلات الاستهلاك الفردي في الدانمارك من

الطاقة الأولية لأغراض التدفئة والطبخ

السنـــــــة	الاستهلاك (غم كالوري/ سنة) × 10^9
حوالي **1500**	15-7
1800	7
1900	3
1950	7
1975	17

لو أننا قبلنا بالرأي القائل بأن مستوى الرفاه والتقدم يتناسب طرديا مع معدلات استهلاك الطاقة لوجب علينا القبول بأن الدانماركيين كانوا أفضل

لو أننا قبلنا بالرأي القائل بأن مستوى الرفاهة والتقدم يتناسب طرديا مع معدلات استهلاك الطاقة لوجب علينا القبول بان الدانمركيين كانوا أفضل حالا في بداية القرن السادس عشر عما كانوا عليه في أوائل القرن العشرين، غير أنه من الواضح أن مثل هذه المقولة لا تقوم على أية أسس علمية ولا تتوفر دلائل تسندها، لكن لو أخذنا الفترة ما بين 1900-1975 لظهر الأمر وكأن ازدياد التقدم في الدانمارك مترافق مع ازدياد استهلاك الطاقة، الواقع أن تفسير الإحصاءات في الجدول رقم(1) ممكن إذا أخذنا بالاعتبار طبيعة مصادر الطاقة الأولية قيد الاستعمال في الفترة المذكورة وطريقة استعمالها، ففي القرن السادس عشر وحتى التاسع عشر كانت الأخشاب هي مصدر الطاقة الرئيسي في البيوت الدانمركية، وكانت الأخشاب تحرق في مواقد مفتوحة مما ينجم عنه تبذير الطاقة بشكل كبير

(2) المصدر السابق، ص 8

بدل استعمالها بشكل فعال، أما مع أوائل القرن العشرين فقد كان الفحم هو مصدر الطاقة وكان يحرق في مواقد مغلقة بحيث لا ينتج هناك تبذير للطاقة بشكل ملموس، ومع شيوع استعمال النفط والكهرباء في الدانمارك في النصف الثاني من القرن الحالي عادت معدلات التبذير العالية مرة أخرى، بالطبع، لا نستطيع أن ننكر إمكانية أن تكون متطلبات الفرد الدانمركي من الطاقة قد ازدادت لكن علينا بالضرورة أن نأخذ بالاعتبار طريقة استهلاك الطاقة وشكلها.

إن ما نود الوصول إليه هو أن الاستهلاك الحالي من الطاقة ليس أمرا سرمديا ولا هو بالمعطى الطبيعي المفروض على البشر بواسطة قوى خارجة عن إرادتهم بل هو واقع من صنع البشر أنفسهم، ومادام هذا الواقع من صنع البشر فإننا نملك كامل الحق في مناقشته ومعرفة تفاصيله حتى نصل إلى أن نتجاوز نواقصه ونطرح البدائل.

هنا، نعود إلى الأسئلة الأساسية والبسيطة في موضوع الطاقة لنطرحها ونحاول تبين الإجابات الصحيحة [3]:

* **من يحتاج إلى الطاقة؟**
* **كم يحتاج ؟**
* **أي نوع يحتاج ؟**
* **لأي غرض يحتاجها؟**
* **لأية فترة زمنية؟**

من المفروغ منه أن الطاقة مطلوبة في حياة البشر ولا يمكن الاستغناء عنها، غير أن التأكيد على أهمية الطاقة يجب أن لا يدفعنا إلى الخلط بين الطاقة كوسيلة لخلق أوضاع معيشية أفضل للإنسان ولتسهيل مهمات إنتاج متطلبات حياته وبين الطاقة كهدف، إن استعمال الطاقة ليس أكثر من وسيلة يستخدمها الإنسان ولا يصح أن تصبح غير ذلك، إن الهدف هو خلق الظروف المعيشية الملائمة للإنسان من خلال استهلاك الطاقة حيثما دعت الحاجة إلى ذلك، وليس استهلاك الطاقة لمجرد الاستهلاك.

إن النظر إلى الطاقة باعتبارها وسيلة لتحقيق غرض يقتضي أن يستهلك منها ما يحقق الغرض المنشود بدون إسراف، وحين نقول تحقيق الغرض

(3) المصدر السابق، ص 7

المنشود فإننا نؤكد أن يتم ذلك بأعلى مستويات الكفاءة الممكنة، ومن هنا فان الجانب الكمي في استهلاك الطاقة يأخذ أهمية باعتباره مرتبطا بتحقيق الغاية دون أن يشكل هذا الكم غاية في حد ذاته.. أن التباهي بارتفاع معدلات استهلاك الطاقة في أي بلد لا يعني بالضرورة ز زيادة الرفاهة أو التقدم الاقتصادي في ذلك البلد بقدر ما قد يعني تفشي أشكال التبذير المختلفة، وهو الأمر الذي لا يقره التعامل العلمي مع مصادر ثمينة غير متجددة وليست حكرا على مجتمع دون آخر أو جيل دون آخر.

وبالإضافة إلى تحديد كمية ما نحتاج من الطاقة فان علينا النظر إلى نوع الطاقة التي نحتاجها، والواقع أن هذا الجانب من مسألة الطاقة غاية في الأهمية لسبب أساسي وهو أن أنماط الاستهلاك الحالية من الطاقة لا تقوم بالضرورة بتزويد المستهلك بالنوع المطلوب من الطاقة بل تلجأ أحيانا إلى تحويل الطاقة من شكل إلى آخر لتوفرها للمستهلك في النهاية بشكل يختلف عما يريده، فمثلا لنفترض أن المستهلك بحاجة إلى طاقة لتسخين المياه المنزلية، فان الحاجة النهائية للمستهلك في هذه الحالة هي طاقة حرارية لتسخين المياه فقط، وفي الإمكان تلبية هذه الحاجة أما بواسطة المصادر الطبيعية كالطاقة الشمسية مثلا أو بواسطة حرق الوقود مباشرة في سخان للمياه، غير أن ما نلاحظه هو أن المستهلك قد يحصل على طاقة كهربائية يقوم بتحويلها إلى طاقة حرارية لتسخين المياه في منزله، ولو نظرنا إلى المراحل التي مرت بها الطاقة حتى تحولت من طاقة مخزونة في الوقود إلى طاقة حرارية في سخان المياه الكهربائي لوجدنا أنها تتحول في البداية إلى طاقة حرارية لإنتاج بخار على درجات حرارة عالية وضغط عال، بعد ذلك تتحول الطاقة الحرارية في البخار إلى طاقة حركية في التوربين، ومن ثم تتحول إلى طاقة كهربائية تنقل عبر أميال طويلة من الأسلاك الكهربائية لتصل إلى المستهلك بشكل طاقة كهربائية لتتحول من ثم إلى طاقة حرارية، إن هذا الأسلوب في تلبية احتياجات المستهلك لا يحمل في طياته سوى التبذير فقط ويشبه ذلك الذي يسير في منحنيات وطرق متعرجة لساعات طويلة حتى يصل إلى نقطة كان باستطاعته الوصول إليها في دقائق قليلة. إضافة إلى ما تقدم فان تحديد نوع الطاقة المطلوبة يتطلب النظر إلى خصائص هذه الطاقة، فإذا كنا نتكلم عن الحاجة إلى

الطاقة الحرارية لتسخين المياه أو التدفئة فان الوضع يختلف عما لو كنا نتكلم عن الحاجة إلى بخار حار للاستعمال في الأغراض الصناعية، فالفارق هنا يكمن في درجة الحرارة المطلوبة، فالماء الساخن للاستعمال المنزلي يكون في العادة على درجة حرارة أقل من 60 درجة م بينما حين نتكلم عن تدفئة البيوت فإننا لا نحتاج أن تكون بيوتنا على درجة حرارة اكثر من 22ْم في فصل الشتاء، وحتى بالنسبة لأعمال التبريد فان هناك بعض أنظمة التبريد التي لا تحتاج إلى طاقة كهربائية بل إلى طاقة حرارية تتزود بها هذه الأنظمة بشكل مياه حارة، وفي العادة فان درجة حرارة المياه المطلوبة تكون حوالي 90ْم أو أقل، لكن لو نظرنا إلى ما يحصل في محطة توليد الكهرباء لتوصلنا إلى النتيجة التي تبين أننا نقوم في البداية بإنتاج بخار على مئات الدرجات المئوية لنحصل على كهرباء نستعملها من ثم في تسخين المياه إلى أقل من 60ْم أو تسخين الهواء للتدفئة إلى حوالي 35ْم. مرة أخرى نقول إن هناك الكثير من التحفظات على مثل هذه الأساليب في التعامل مع الطاقة، إن من كان بحاجة إلى الصعود إلى قمة تل لا يحتاج أن يصعد إلى قمة جبل عال في البداية ليعود فيهبط إلى التل، فما دام هناك طريق مباشر إلى التل فلنسلكه مباشرة.

أنماط استهلاك الطاقة:

هناك ثلاثة أشكال أساسية من الطاقة يستهلكها البشر وهي الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية والطاقة الحركية (الميكانيكية)، وهناك بالطبع الطاقة الضوئية من الشمس التي تشكل المصدر الأساسي لكل أشكال الطاقة في الأرض لكننا لن ندرجها هنا . وحين نتحدث عن استهلاك الطاقة بأشكالها المختلفة فإننا نعني بذلك الطاقة المستمدة من مصادر أولية موجودة في الأرض كالفحم والبترول والغاز والمصادر الأخرى، وحيث إننا معنيون هنا بموضوع حفظ وتوفير الطاقة فان نقاشنا مرتبط بالطاقة الناتجة عن استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة كالفحم والبترول ومشتقاتهما.

تشكل مصادر الطاقة غير المتجددة القسم الأعظم من استهلاكنا للطاقة وهو ما يهدد هذه المصادر بالنضوب السريع ويضعنا في مواجهة معضلة يترتب علينا أن نجد لها الحلول المناسبة، وتستعمل مصادر الطاقة غير

المتجددة لتلبية العديد من احتياجاتنا سواء كانت تلك بشكل طاقة كهربائية للإنارة أو تشغيل الأجهزة الكهربائية، أو طاقة حركية لتشغيل محركات وسائط النقل، أو بشكل طاقة حرارية في أعمال التدفئة والتسخين والأغراض الصناعية، لكن رغم تعدد احتياجاتنا من أشكال الطاقة المختلفة إلا أننا نستمدها من مصدر أساسي وهو المصادر غير المتجددة، وعلى ذلك فان هناك جانبين أساسيين في موضوع الطاقة نجد من الضروري التفريق بينهما وهما:

1- مصدر الطاقة الأولية.

2- الاستعمال النهائي للطاقة.

في المثال السابق الذي طرحناه حول تسخين المياه في البيوت أو تدفئتها بواسطة الطاقة الكهربائية رأينا كيف أن الطاقة تمر بأشكال مختلفة وتتحول من شكل إلى آخر حتى تصل إلى المستهلك الذي يستعملها لتلبية حاجة نهائية، في هذا المثال ابتدأنا بمصدر للطاقة الأولية هو عبارة عن الطاقة المخزونة في البترول أو الفحم وانتهينا بالطاقة الحرارية على درجات حرارة منخفضة، ويتضح لنا من هذا المثال أننا ابتدأنا من مصدر للطاقة يختلف عن الاستعمال النهائي المطلوب، وان الوصول إلى الاستعمال النهائي ترتب عليه المرور بمراحل مختلفة وبتبذير كبير للطاقة، لكن إذا كان المقصود من استهلاك الطاقة هو تلبية غرض معين وتقديم خدمات معينة فلا داعي للدخول في كل هذه المتاهات بل يجب التوجه مباشرة لتلبية الحاجة المطلوبة.

إذا كان هناك من يطرح سؤالا حول: ما هو البديل عن الدخول في مراحل تحويل الطاقة المختلفة ؟ فإن الإجابة ليست صعبة إطلاقا رغم أن تحقيقها قد يكون صعبا بعض الشيء، إن المطلوب بكل بساطة هو تقديم كمية من نوع الطاقة المطلوبة بأكثر الطرق فعالية وبأقلها تلويثا للبيئة وأكثرها حفظا لمصادر الطاقة غير المتجددة التي هي أثمن بكثير من أن تحرق لتسخين المياه أو تدفئة البيوت، إن تسخين المياه وتدفئة. البيوت وتبريدها لا يتطلب حرق كميات ضخمة من الوقود بل يمكن الاعتماد على المصادر الطبيعية كالطاقة الشمسية والهوائية للقيام بذلك، وبالطبع لا ننسى الأمر الأكثر أهمية في هذا المجال وهو بناء البيوت والبنايات بشكل يتلاءم والمعطيات المناخية الأمر الذي سيقلل الحاجة إلى الطاقة حتى من

المصادر الطبيعية المتجددة. قد يخطر ببال بعضنا أن يطرح سؤالا عن سبب هذا التأكيد على استهلاك الطاقة لأغراض التدفئة والتبريد وتسخين المياه، والجواب هنا أيضا غاية في البساطة وهو أن هذه الخدمات تستهلك كميات كبيرة من الطاقة تثير دهشة المختصين في هذا المجال، فلو نظرنا إلى اكبر دولة مستهلكة للطاقة وهي الولايات المتحدة الأمريكية لوجدنا أن ما يقرب من 25- 30٪ من مجمل استهلاكها للطاقة يذهب لأغراض التدفئة والتبريد، أي أنه يستهلك بشكل طاقة حرارية على درجات حرارة منخفضة.

ولا يختلف الأمر في الولايات المتحدة عنه في الكثير من الأقطار الصناعية الأخرى مثل كندا وألمانيا وبريطانيا وفرنسا، إن الدراسات التي جرت في هذه الدول دلت على أن 35- 60٪ من مجمل استهلاك الطاقة فيها يتم بشكل استعمال نهائي على درجات حرارة أقل من 100ْم، وواضح أن إنتاج طاقة على مثل هذه الدرجات الحرارية لا يتطلب بالضرورة استنزاف مصادر الفحم والبترول والغاز كما أنه لا يتطلب بناء المفاعلات النووية.

في الجدول رقم (2) نقدم قائمة بالاستهلاك النهائي من الطاقة في الدول الصناعية الغربية الرئيسية[4].

و يتضح من الجدول رقم (2) أن الاستعمالات الكهربائية المباشرة لا تتعدى 10٪ من استهلاك الطاقة في أي من البلدان المدرجة في الجدول، وان الأصناف الأخرى من الطاقة لا تتطلب بالضرورة بناء محطات كهربائية مع ما يتبعها من أنظمة توزيع ومئات الأميال من الأسلاك الكهربائية، إن تزو يد الطاقة الحرارية المطلوبة بواسطة تسخين المياه في سخان يعمل على الوقود وبكفاءة 80٪ مثلا هو اكثر توفيرا من تسخين ذات الكمية باستعمال سخان كهربائي نظرا لأن محطات توليد الطاقة الكهربائية تعمل بكفاءة منخفضة تقدر بحوالي 30-35٪.

إن التحول باتجاه اتباع سياسات لاستخدام الطاقة تعتمد على الحاجة النهائية وليس على مصدر الطاقة الأولية كفيل بالحد من الاستهلاك المتزايد لمصادر الطاقة الحالية، إن مثل هذا التحول لن يؤدي إلى التضحية بمستويات المعيشة السائدة حتى في اكثر الدول رفاهية لكنه بالتأكيد سيرفع من كفاءة استخدامنا لمصادر من الطاقة لن تتجدد في حال استنزافها كما هو حال

(4) المصدر السابق ص 81

جدول رقم (2)

الكمية التقريبية للطاقة المستعملة حسب الاستعمال النهائي

(النسب المئوية)

<table>
<tr><th>الصنف</th><th>الولايات المتحدة 1973</th><th>كندا 1973</th><th>المانيا الغربية 1975</th><th>فرنسا 1975</th><th>بريطانيا 1975</th></tr>
<tr><td>حرارة (المجموع)</td><td>**58**</td><td>**69**</td><td>**76**</td><td>**64**</td><td>**65**</td></tr>
<tr><td>أقل من 100م</td><td>35</td><td>39</td><td>50</td><td>37</td><td>55</td></tr>
<tr><td>100–200م</td><td>6</td><td>19</td><td>6</td><td rowspan="2">27</td><td rowspan="2">10</td></tr>
<tr><td>أكثر من 200م</td><td>17</td><td>11</td><td>20</td></tr>
<tr><td>ميكانيك (المجموع)</td><td>**38**</td><td>**27**</td><td>**20**</td><td>**31**</td><td>**30**</td></tr>
<tr><td>وسائط نقل</td><td>31</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">27</td></tr>
<tr><td>خطوط أنابيب</td><td>3</td></tr>
<tr><td>كهرباء صناعية</td><td>4</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td><td>3</td></tr>
<tr><td>استعمالات كهربائية أخرى</td><td>**4**</td><td>**4**</td><td>**4**</td><td>**5**</td><td>**5**</td></tr>
<tr><td>المجموع العام</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
</table>

مصادر الفحم والبترول والغاز، كما أن هذا التحول إذا ما رافقه بعض التغيرات في أنماط تزويد المستهلكين بالطاقة سيعمل على الاستفادة من مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الأمواج وسيؤدي في المدى الطويل إلى تكثيف اعتمادنا على مثل هذه المصادر وتقليل اعتمادنا على المصادر غير المتجددة، وإضافة إلى ذلك فان اتباع سياسات طاقة ملائمة سيقلل من الحاجة إلى الاعتماد على المفاعلات النووية وربما ينجح على المدى الطويل في إعادة المارد النووي إلى القمقم وتجنيب البشرية الأخطار المحدقة نتيجة استعمال الطاقة النووية، إن أي مفاعل نووي لتوليد الطاقة ليس إلا الخطوة الأولى لتراكم المعلومات والخبرة لإنتاج الأسلحة النووية وهو الأمر الذي لن

يخدم البشر بأي شكل، هذا ناهيك عن الأخطار المترتبة على استعمال المفاعلات النووية في الوقت الحاضر كأخطار تسرب الإشعاع النووي أو التخلص من النفايات النووية، لقد كانت الطاقة دائما وسيلة في يد الإنسان لزيادة رفاهيته وتسهيل أموره الحياتية ويجب أن لا تصبح الطاقة مصدر خطر على وجود الإنسان نفسه على الأرض.

إجراءات حفظ الطاقة:

تكلمنا في الجزء السابق من هذا الفصل عن الحاجة إلى اتباع سياسة طاقة تعتمد على الحاجة النهائية للطاقة وليس على مصدر الطاقة الأولية، ومن البديهي أن التحول باتجاه سياسة طاقة جديدة يقتضي منا النظر إلى كيفية تلبية حاجاتنا النهائية من الطاقة، كما يقتضي أيضا النظر إلى الكيفية التي تستهلك بها الطاقة وما إذا كان في الإمكان تقليل هذا الاستهلاك دون إحداث تغييرات في راحة البشر أو رفاهيتهم.

تعتمد معظم الإجراءات المتبعة حاليا في دول العالم المختلفة على مطالبة الأفراد والشركات والمؤسسات الصناعية بتقليل الاستهلاك من الطاقة من خلال عدم تبذيرها، فإذا كان بالإمكان الاستغناء عن ضوء المصباح الكهربائي أثناء النهار مثلا فلا داعي لاستعماله، وإذا كنت تشعر بالراحة في بيت أو مكتب على درجة 25ْم فلا داعي لتشغيل أجهزة التكييف وقتا أطول لخفض درجة الحرارة إلى 20ْم، وإذا كان في الإمكان أن ينتقل كل خمسة أفراد في سيارة واحدة فلا داعي أن يذهب كل منهم بسيارته، وإذا كان الجو حارا والشمس ساطعة فلا داعي لتجفيف الملابس في مجففة كهربائية.

وهناك في الواقع العديد من الوسائل التي يمكن بواسطتها تقليل استهلاك الطاقة؛ ومن بين هذه الوسائل ما يترتب عليه تغيرات في عادات الناس اليومية كأن ينتشر استعمال خطوط المواصلات العامة بدل الاعتماد على السيارات الخاصة، وحتى السيارات الخاصة يستحسن أن تلجأ مجموعة من الناس إلى استعمال سياراتهم بالتناوب لنقل بعضهم مع بعض بدل أن ينتقل كل على حدة، ومن فوائد توسيع النقل الجماعي أو شبه الجماعي أن يفقد الفرد عزلته التي يعيش فيها حين يكون في سيارته

وحده، وسيضطر بدل ذلك إلى الانخراط مع الآخرين والتحدث معهم والتعرف عليهم، وهذه النتيجة ليست سيئة إطلاقا بل هي أفضل بكثير من حالة العزلة لأن التقاء الناس بعضهم ببعض وتعارفهم من أفضل الوسائل الاجتماعية لتقليل التوتر بين الأفراد وتعميق مفهوم الشعور بالأمن، والشخص الذي تراه وتلقاه يوميا يصبح بالنسبة لك مأمون الجانب وأهلا للثقة والشعور بالأمن نحوه اكثر من إنسان لم يسبق أن رأيته مسبقا.

لسنا هنا في معرض الحديث عن علم الاجتماع أو علم النفس، غير أنه لا يمكن فصل موضوع الطاقة عن وجود البشر وعلاقاتهم اليومية، فقد أدى توفر الطاقة وشيوع استعمالها بالأشكال التي نعرفها إلى تغيرات في حياة الأفراد وطرق تعاملهم، فنحن لم نعد بحاجة إلى من يحضر لنا الأخشاب أو الفحم إلى البيوت ولم نعد بحاجة إلى الخروج إلى الحقول لجمع الحطب إذ أن احتياجاتنا من الطاقة تأتي عبر أسلاك كهربائية من مصدر ليس ضروريا أن نعرف: أين يوجد؟ وكيف يعمل ؟ ومن يعمل به ؟ ولم يعد ضروريا حتى أن نقابل من يقرأ العداد الكهربائي في بيوتنا إذ باستطاعتنا إخبار الجهة المسؤولة بذلك ودفع القيمة لموظف قد لا تراه مرتين في حياتك، وان حصل أن حفظت ذاكرتك اسمه فانه بالتأكيد لن يحفظ اسمك بسب مئات المراجعين أمثالك، وربما لا يكون هناك ضرورة حتى لأن تفعل ذلك بل يمكنك أن تطلب من البنك الذي تتعامل، معه أن يقوم بخصم فواتير الكهرباء والغاز شهريا دونما حاجة لأن يكون لك أدنى علاقة بكل ذلك الجهاز الضخم الذي يعمل في مؤسسات خدمات الطاقة.

من بين الإجراءات المختلفة لتقليل استعمال الطاقة يجري في العادة التركيز على الحفاظ على الطاقة المستهلكة في البيوت والبنايات لأغراض التدفئة والتبريد، فقد رأينا في الجدول رقم (2) أن الدول الصناعية المتقدمة تستهلك كميات كبيرة من الطاقة بشكل طاقة حرارية على درجة حرارة أقل من 100ْم، ويندرج تحت هذا البند من الاستهلاك تلك الطاقة المستخدمة في تدفئة البيوت وتبريدها، وما دمنا نتكلم عن دول ذات طقس بارد بشكل عام (باستثناء بعض مناطق الولايات المتحدة الأمريكية) فان التدفئة وتسخين المياه للاستعمالات المنزلية تنال نصيبا كبيرا من هذه الطاقة، ففي الولايات المتحدة الأمريكية يستهلك حوالي ربع الطاقة الإجمالية في أغراض التبريد

والتدفئة وتسخين المياه، وفي أوروبا الغربية يستهلك اكثر من ربع الطاقة الإجمالية في أغراض التدفئة وتسخين المياه.

وأما بالنسبة لمنطقة الخليج فان طبيعة الطقس السائد في المنطقة لا تتطلب تدفئة البيوت والبنايات بقدر ما يتطلب الأمر تبريدها، إن تبريد البنايات في منطقة الخليج أمر جد شائع وكلنا يعرف هذه الحقيقة ويعيشها، لكن يترافق مع هذه الحقيقة حقيقة أخرى تقول: إننا نستهلك كميات كبيرة من الطاقة من أجل تشغيل المكيفات في البيوت والبنايات، ففي الكويت مثلا يستهلك حوالي 60٪ من الطاقة الكهربائية المنتجة لأغراض التبريد، وفي أبو ظبي يستهلك حوالي 90٪ من الطاقة الكهربائية المستعملة في المنازل لأغراض التبريد، وكما ذكرنا سابقا فان كفاءة محطات توليد الطاقة الكهربائية لا تتعدى 35٪ لو أضفنا إلى ذلك ما يفقد من الطاقة الكهربائية أثناء انتقالها عبر الأسلاك من محطات التوليد إلى مكان الاستهلاك وأضفنا إلى ذلك كفاءة جهاز التبريد نفسه لاكتشفنا أننا في الواقع لا نعمل إلا على كفاءة إجمالية لا تتعدى 20-25٪، إن هذا يعني بكل بساطة أنه مقابل كل وحدة طاقة كهربائية نستعملها ونستفيد منها نقوم بتبذير ثلاث أو أربع وحدات من الطاقة الأولية.

دعونا نقدم مثالا حسابيا تقريبيا لتوضيح كمية الاستهلاك من الطاقة، لنفترض أن الحمل التبريدي لأحد البيوت يبلغ خمسة أطنان ولنفترض أن مكيف الهواء يعمل لمدة ست عشرة ساعة يوميا، في هذه الحالة فان الحمل التبريدي المطلوب طوال اليوم هو ثمانون طنا، الآن دعونا نحول هذه الأطنان التبريدية إلى ما يعادلها من طاقة كهربائية، في الكويت يحتاج الطن التبريدي الواحد إلى حوالي 1,5 -2 كيلوواط /ساعة (يتغير الاستهلاك تبعا لنوع نظام التبريد وللظروف المناخية السائدة)، لكن حيث إننا نتعامل مع مثال تقريبي فسنفترض أن الطن التبريدي يحتاج الى 1,5 كيلوواط /ساعة. إن استهلاك جهاز التكييف في مثالنا هذا ساوي 120 كيلوواط /ساعة في اليوم الواحد $\left(\frac{\text{1,5 كيلوواط/ساعة}}{\text{طـن}} \times \frac{\text{80 طن}}{\text{اليوم}}\right)$

لنفترض إضافة إلى ما تقدم أن الكفاءة الإجمالية لتوليد ونقل واستهلاك الطاقة الكهربائية هو 25٪، يبلغ استهلاك الجهاز في هذه الحالة ما يعادل

480 كيلوواط /ساعة من مصدر الطاقة الأولية، إن مثالنا لم ينته بعد بل نود أن نقوم بتحويل الطاقة المستهلكة إلى ما يعادلها من نفط، حسب الإحصاءات التي تستعملها شركة النفط البريطانية فان الطن الواحد من النفط يعادل 12 ألف كيلوواط /ساعة، ونستنتج من هذه الأرقام أن البيت الذي يحتاج إلى جهاز تبريد بقدرة 5 طن ويعمل لمدة 16 ساعة يوميا فانه يستهلك في الواقع طنا واحدا من النفط (على الأقل) كل 25 يوما. إننا نترك للقارئ مهمة حساب عدد الأطنان من النفط التي تستهلكها العمارات الضخمة التي يبلغ حملها التبريدي مئات الأطنان.

هل هناك حل آخر لتدفئة البيوت وتبريدها دون استعمال الكهرباء أو المحروقات الأخرى ؟

لا يمكن تقديم إجابة حاسمة على هذا السؤال بنعم أو لا، إنما المؤكد أن بالإمكان تقليل متطلبات البيوت والبنايات من الطاقة المستعملة لأغراض التدفئة والتبريد، وهناك بالطبع حل سهل وهو أن يتحمل الإنسان قساوة الظروف المناخية بردا وحرا، لكننا لسنا في معرض مطالبة الآخرين بتحمل الظروف القاسية، لكن من أجل الإجابة على السؤال الذي طرحناه دعونا نقم بجولة جغرافية تاريخية.

تذكر بعض المصادر أن سكان الكهوف القدماء في كولورادو في أمريكا كانوا يحفرون كهوفهم بحيث تواجه أبوابها جهة الجنوب، ففي الشتاء حيث تكون الشمس منخفضة فان أشعة الشمس كانت تدخل إلى داخل الكهوف لتصطدم بالحوائط الداخلية الخلفية للكهوف وتقوم بتسخينها، فينتج عن عملية التسخين هذه خزن الطاقة الحرارية في الكتل الصخرية مما يحفظ الكهف دافئا أثناء الليل، وأما في الصيف فان الشمس تكون مرتفعة ولا تدخل أشعتها إلى داخل الكهف، وإذا حدث أن كانت أشعة الشمس تدخل إلى الكهف حتى في الصيف فان حجب الأشعة ما كان يحتاج إلا إلى مظلة من الخشب والأعشاب الجافة لحجبها وحجب آثارها الحرارية.

كتب المؤرخ اليوناني زينوفون في عام 400 ق. م. «إن علينا أن نبني الواجهات الجنوبية (للبيوت) عالية للاستفادة من شمس الشتاء، والواجهات الشمالية أوطأ للتخلص من الرياح الباردة». أما المعماري الروماني فيتروفيوس فقد طرح العديد من الأفكار حول تصميم البنايات للأجواء

والمواقع المختلفة مؤكدا وجود الفائدة من أشعة الشمس بإدخالها إلى داخل البيوت في الشتاء وحجبها في فصل الصيف[5].

أما في المناطق الحارة فان الأمر يستدعي تقليل تأثير أشعة الشمس على البيوت بحيث لا ترتفع درجة الحرارة إلى مستويات تجعل الإقامة في هذه البيوت أمرا غير مريح، لو مشى أحدنا في شوارع أية مدينة عربية قديمة كالقدس ودمشق والقاهرة وبغداد ومدن الشمال الإفريقي لاستطاع بكل سهولة رؤية الفروق في الجوانب المعمارية والتخطيطية بين هذه المدن وبين المدن الحديثة، فقد تميزت جدران البنايات بالسماكة اكثر مما هي عليه جدران البنايات الحديثة، وتميزت الشوارع بكونها ضيقة نسبيا والأهم من ذلك بكون بعضها-وبخاصة أماكن الأسواق والتجمع-مسقوفة مع وجود فتحات تهوية في السقف، كما نلاحظ أن البنايات كانت ملتصقة بعضها ببعض أو أن المسافات بينها ليست بعيدة، ثم نلاحظ أن الشبابيك لم تكن كبيرة ولها في الغالب مظلة، كما أن الكثير من البيوت لها مظلات على بعض الجوانب.

إن تصميم مثل هذه البيوت وتخطيط مثل هذه المدن لم يكن أمرا عفويا ولم يكن عبثا، بل لقد كان بكل بساطة دليل ترافق الإنسان مع البيئة التي يعيش فيها، وسيبقى هذا المفهوم-مفهوم تناغم الإنسان مع البيئة-هو حجر الزاوية في تخطيط المدن وتصميم البيوت والبنايات التي لا تتطلب إلا القليل من الطاقة لتدفئتها وتبريدها.

ولو انتقلنا إلى الشمال الإفريقي لرأينا أن طلاء البيوت باللون الأبيض هو ظاهرة عامة في تلك المنطقة، ولوجدنا أيضا أن في بعض المناطق منخفضات حفرت في جوانبها بيوت يعيش فيها الناس.

ولو أتينا إلى منطقة الخليج لوجدنا أنه كانت ترتفع من البيوت أبراج طولها عدة أمتار مفتوحة من أعلى، ومن خلال هذه الفتحات كان ساكنو هذه البيوت يحصلون على هواء أبرد من الهواء الخارجي.

ولو ذهبنا إلى أواسط أفريقيا أو جنوب شرق آسيا لوجدنا أن التصاميم التقليدية للبيوت والبنايات كانت متوافقة مع الأجواء السائدة في هذه المناطق بحيث يمكن العيش في هذه البيوت دون الحاجة إلى الأجهزة

(5), Carr, D.E. Energy and the Earth Machine, W. W. Norton and company, N.Y., U.S.A 1976

الميكانيكية والكهربائية لتبريدها أو تدفئتها.

ما الذي كان يدور في ذهن مصممي البيوت والبنايات التي تكلمنا عنها؟ وما الذي استفادوا منه وأخذوه بعين الاعتبار حين صمموا هذه البيوت والبنايات ؟

لا شك أن ما كان يدور في أذهانهم هو تصميم أماكن للسكن والعيش تكون مريحة إلى أقصى ما يمكن، وأما ما استفادوا منه فهو التصاقهم بالبيئة التي كانوا يعيشون فيها ومعرفتهم بالأمور الأساسية التي تحكم تصميم سكن مريح أو غير مريح.

الأمر الأساسي الذي يهمنا هو أن الحرارة التي تصل إلى الأرض تأتي من الشمس بواسطة الإشعاع الشمسي، وان هذا المورد الحراري هو الذي يمكنه أن يدفئ البيوت إن كان ذلك هو المطلوب أو أن يحيلها جحيما إن كنا نعيش في منطقة حارة ولم نتعامل مع هذا المورد الحراري من منطلق علمي، فحين تسقط أشعة الشمس على أي جسم فانه يقوم بامتصاص قسم من الأشعة وعكس قسم آخر وامرار قسم ثالث (إن كان الجسم شفافا ويسمح بمرور أشعة الشمس)، ولكن عندما نتكلم عن البيوت والبنايات فإننا نتكلم عن مزيج من المواد كمواد البناء الصلبة التي تمتص الأشعة وتعكسها أو الزجاج الذي يمتص و يعكس ويمرر أشعة الشمس، إذا كان المطلوب هو تدفئة البيت فانه من المرغوب فيه السماح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى داخل البيت ليتم امتصاصها بواسطة الجدران الداخلية أو لتسخين هواء الغرفة، وكذلك السماح لسطوح البيت المختلفة بأن تمتص أشعة الشمس وتخزنها بشكل حرارة تتسرب من خلال السطوح إلى داخل البيت، أما إذا كانت المنطقة حارة فان المطلوب هو العكس، أي تقليل آثار الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي، إن الأمثلة التي ذكرناها سابقا كانت في الواقع تستفيد من هذه الخصائص تحديدا.

إذن الشمس هي المصدر الأساسي الذي يؤثر على راحتنا داخل البيوت، ولذلك لابد من معرفة حركتها طوال العام ومعرفة الخصائص الحرارية لمواد البناء المختلفة حتى يتسنى لنا التعامل من منطلق علمي مع الشمس، وإذا كنا نقول إن من الضروري معرفة حركة الشمس فإننا نستعمل ذلك مجازا، إذ المعروف أن الأرض هي التي تدور حول الشمس وان دوران الأرض

حول الشمس هو الذي يحكم علاقة أي موقع على سطح الأرض مع الشمس، سنلجأ هنا إلى التعبير المجازي ونفترض أننا موجودون في نقطة ثابتة وان الشمس هي التي تتحرك بالنسبة لمركزنا الثابت، وهو الأمر الذي تبدو فيه حركة الشمس بالنسبة لنا.

تعتمد زاوية سقوط أشعة الشمس على موقعنا على سطح الأرض بالنسبة لخط الاستواء شمالا أو جنوبا وعلى اللحظة الزمانية في السنة الشمسية، ففي بلد مثل الكويت يقع على خط عرض 30° شمال خط الاستواء فان أشعة الشمس تسقط بزاوية تقترب من أن تكون عمودية على السطح الأفقي وقت الظهيرة خلال فصل الصيف، وأما في فصل الشتاء فان زاوية السقوط مع السطح الأفقي تكون اقل من عمودية بكثير، ولو نظرنا إلى سطح عمودي كحائط بناية فان الزاوية بين الشعاع الشمسي والحائط تكون صغيرة في وقت الظهيرة في فصل الصيف، وكبيرة وقت الظهيرة في فصل الشتاء، إن المهم في هذه العلاقة هو كمية الإشعاع الشمسي الساقطة عموديا على السطح سواء كان هذا أفقيا أو عموديا، فكلما ازداد الإشعاع الشمسي العمودي على أي سطح ازدادت كمية الطاقة الحرارية الواقعة على السطح المذكور، وعلى هذا الأساس فان الشمس حين تكون عمودية على السطح الأفقي وموازية للسطح العمودي فان الأول هو الذي يتأثر بالإشعاع المباشر بينما لا يتأثر السطح العمودي إلا بحرارة الجو أو الأشعة المنتشرة.

الجانب الآخر المهم في العلاقة بين موقع المكان على الأرض والشمس هو أنه بالنسبة للمكان على سطح الأرض على خط عرض اكبر من 23ر5 درجة شمال خط الاستواء فإن الشمس تكون باستمرار في الجنوب في وقت الظهيرة وخلال بعض الساعات قبل وبعد الظهيرة مما يعني أن الواجهات الجنوبية تتعرض لأشعة الشمس لفترات طويلة، وخلال فصل الشتاء حين يكون اليوم قصيرا فان أشعة الشمس تسقط على الواجهة الجنوبية طول اليوم لكن بكميات مختلفة يمكن حسابها بسهولة.

فالواجهات الجنوبية إذن تتمتع بخصائص متميزة عن غيرها من الواجهات بسبب أن أشعة الشمس تسقط عليها لفترة طويلة خلال اليوم، ومن هنا ندرك لماذا لجأ سكان الكهوف القدماء في كولورادو في أمريكا

إلى حفر كهوفهم لتواجه الجنوب، ولماذا دعا زينوفون إلى بناء واجهات جنوبية كبيرة، القصد من هذا هو الحصول على اكبر كمية من الإشعاع على الواجهة الجنوبية، إذا كان هناك نافذة في الواجهة الجنوبية فان الشمس ستدخل إلى داخل البناية بالطبع حيث تقوم بتدفئة المنزل، لكن إذا كنا نريد دخول أشعة الشمس في الشتاء فماذا عن الصيف حين لا نريد تأثيراتها الحرارية؟ الإجابة بسيطة وتكمن في بناء مظلة فوق الحائط الجنوبي تمتد إلى الخارج بحيث تحجب هذه المظلة أشعة الشمس أثناء الصيف ساعات طويلة (حيث إن الشمس تكون مرتفعة) بينما لا تعرقل سقوطها أو نفاذها إلى داخل البيت في الشتاء (حيث تكون الشمس منخفضة).

إن تركيزنا على حجب أشعة الشمس أو السماح لها بالسقوط على الجدران ينبع من أن أشعة الشمس المباشرة تشكل جزءا كبيرا من مجمل الإشعاع الشمسي وتحمل كمية كبيرة من الطاقة تلعب دورا كبيرا في مسالة تدفئة وتبريد البيوت، إن بالإمكان إدراك هذه العلاقة بشكل واضح من خلال المقارنة بين الوقوف تحت أشعة الشمس أو الوقوف في الظل، ففي الصيف نلجأ عادة إلى الظل بينما في الشتاء نستمتع بالجلوس تحت أشعة الشمس المباشرة.

إن التعامل مع الشمس للاستفادة من إشعاعاتها إيجابيا أو سلبيا ليس بالأمر المعقد بل هو غاية في السهولة ولا يتطلب سوى تقديم تصاميم معمارية ملائمة، إن لنا في التراث المعماري الماضي مصدرا خصبا ومعطاء في هذا المجال، كما أن العلوم الحديثة تسمح لنا بالتعامل مع الشمس وإشعاعاتها بالشكل الذي نرغب فيه.

لكن إذا كان في استطاعتنا أن نقلل من تأثير أشعة الشمس على الواجهات الجنوبية حيث تسقط الشمس أطول فترة في اليوم فإننا مازلنا نواجه سقوط أشعة الشمس على الأسطح الأفقية (سطوح البنايات) وكذلك انتقال الحرارة من الجو الحار في الخارج إلى داخل البيوت.

في هذا المجال هناك طرق عديدة يمكن اللجوء إليها لتقليل انتقال الحرارة عبر مواد البناء المختلفة، وسنؤكد هنا على مسألتين هما معاملات انتقال الحرارة لمواد البناء المختلفة وكذلك قدرة مواد البناء على خزن

الحرارة، وهو الأمر الذي يعتمد على كثافة مواد البناء وعلى حرارتها النوعية، إن كمية الحرارة التي تنتقل عبر وحدة مساحة أي سطح تتناسب طرديا مع معامل انتقال الحرارة للمادة المصنوع منها ذلك السطح وعلى فرق درجات الحرارة على جانبي السطح، لكن حيث إن درجة حرارة الجو الخارجي لا تقع تحت سيطرتنا بشكل كامل فان التركيز يتم في العادة على معامل انتقال الحرارة، غير أن معامل انتقال الحرارة الكلي لأي سطح يعتمد على سمك هذا السطح بمعنى أنه كلما ازداد سمكه انخفض معامل انتقال الحرارة، ولذلك فان استعمال الجدران السميكة في البنايات القديمة كان قائما على أساس تقليل معامل انتقال الحرارة وبالتالي تقليل كمية الحرارة المنتقلة عبر سطح الجدار في كلا الاتجاهين الاتجاهان ومن جانب آخر كلما ازداد سمك الجدار ازدادت كتلته واستطاع خزن كميات أكبر من الحرارة وهو الأمر الذي قد يؤدي إلى انعكاسات سلبية.

ويلاحظ الفرد منا في الكويت أن البيوت تصبح حارة وقت المساء اكثر مما في الصباح رغم أن الشمس تكون في الصباح ساطعة، والسبب في ذلك هو أن انتقال الحرارة عبر الجدران والأسطح لا يتم بشكل فوري بل يحتاج إلى وقت حتى تقطع الحرارة المسافة من طرف إلى آخر، إن الحرارة التي تخزن في الجدار أثناء النهار تأخذ في التسرب إلى داخل البيت باعتباره أبرد من الجو الخارجي، ولكن هذا لا ينفي الفوائد الإيجابية التي يمكن الحصول عليها فيما لو تم استخدام الجدران السميكة بشكل علمي.

مما تقدم يتضح لنا أن المناطق الحارة تحتاج إلى بنايات تتصف بالجدران السميكة ذات معاملات انتقال الحرارة القليلة، ولسنا هنا في معرض المناضلة بين مواد البناء إذ يقع هذا على عاتق المهندس المعماري، فالأسمنت مثلا موصل جيد للحرارة ويخزن كميات كبيرة منها مما لا يجعله ملائما للمناطق الحارة، لكن الأسمنت من جانب آخر مادة جيدة للبناء وقوية جدا والأغلب انه لا يمكن الاستغناء عنها، إذن ما العمل ؟

إن الحلول المطروحة تنصح باستعمال مواد العزل الحرارية التي تكون معاملات انتقال الحرارة فيها قليلة حيث إن معامل انتقال الحرارة الكلي لجدار معزول يكون في هذه الحالة قليلا جدا مما يقلل بالتالي كمية الحرارة المنتقلة من الخارج إلى داخل البناية، إن هذا بدوره يقود إلى تقليل

الحمل التبريدي المطلوب وبالتالي كمية الطاقة المطلوبة.

الآن إذا تم استعمال العوازل الحرارية فانه يصبح بالإمكان الاستفادة من خصائص الجدران السميكة حتى ولو كانت مصنوعة من مواد بناء موصلة جيدة للحرارة، فالمطلوب في هذه الحالة عزل الجدران من الخارج أو وضع العازل في وسط الجدار بشكل (ساندويتش). لا يختلف معامل انتقال الحرارة الكلي بغض النظر عن مكان وضع العازل، لكن هناك فائدة في عدم وضعه على الأسطح الداخلية للجدران، وتقوم هذه الفائدة على الاستفادة من الجدران المعزولة من الخارج والمعرضة للداخل، واستخدامها خزانات للحرارة أو البرودة، وكما سبق أن ذكرنا فان مواد البناء تخزن الحرارة وكذلك فإنها تفقد ما تخزن، أي أن درجة حرارتها تختلف باختلاف الجو المحيط بها، فإذا قمنا بتبريد غرفة فان الأسطح الداخلية للجدران تأخذ بالبرودة أيضا مما يسمح للحرارة بالانتقال من المناطق الحارة فيها إلى السطح، وتدريجيا يأخذ الجدار بالبرودة، لكن حيث إن هذه الجدران معزولة عن الخارج فإنها لا تكتسب حرارة بدل ما تفقد ولذلك فإنها تبقى على درجات حرارة منخفضة، أي تكون بشكل خزان تبريدي. الآن لنفترض أن جهاز التكييف قد توقف لأي سبب من الأسباب فبالإمكان في هذه الحالة الاعتماد على الخزان التبريدي الذي تشكله الجدران حيث تأخذ باكتساب الحرارة من داخل الغرفة، إن هذا الأسلوب يؤدي بالفرد إلى الشعور بالراحة والبرودة حتى لو توقف جهاز التكييف ساعات عديدة كما إنه يقلل من الفترة التي يعمل فيها جهاز التكييف مما يؤدي أيضا إلى تقليل استهلاك الطاقة.

استعمال العوازل الحرارية في الكويت:

مازال استعمال العوازل الحرارية في البنايات في الكويت محدودا، وتعزى أسباب هذا الأمر إلى رخص الطاقة الكهربائية من جانب بحيث إن المستهلك لا يتحمل التكلفة الحقيقية لإنتاج الطاقة الكهربائية، وكذلك تعزى بعض الأسباب إلى أن المعماريين لم يطرحوا في تصاميمهم مثل هذه الأفكار من جانب آخر. ولسنا هنا لمناقشة أسباب عدم استعمال العوازل رغم فوائدها الواضحة في تقليل استهلاك الطاقة، لكننا نود الإشارة إلى

بعض الجوانب الاقتصادية للمسألة.

لاشك أن إدخال المواد العازلة في تصاميم المباني سيزيد من تكلفتها الأولية مقارنة بالمباني التي لا تستعمل فيها هذه العوازل، ولكننا ذكرنا في نقاشنا السابق أن استعمال العوازل الحرارية يؤدي إلى تقليل الحمل التبريدي المطلوب وبالتالي ستخفض التكاليف الأولية لخدمات تكييف الهواء. لنفترض أن أحد البيوت المبنية دون عوازل حرارية يحتاج إلى أجهزة تكييف هواء قدرتها 20 طنا، فإذا قمنا بإضافة عوازل حرارية إلى هذا البيت فسنقلل الحمل التبريدي المطلوب الى15 طنا مثلا أو أقل، وفي هذه الحالة يكون على صاحب البيت أن يدفع ثمن المواد العازلة كتكلفة إضافية، لكن من الجانب الآخر سيوفر صاحب البيت التكاليف الأولية لخمسة أطنان من التبريد، إذ أن عليه الآن أن يستعمل أجهزة بقدرة 15 طنا بدل 20 طنا. وبالإضافة إلى هذا التوفير الأولي في ثمن أجهزة التكييف فان صاحب البيت سيقل استهلاكه من الكهرباء وبالتالي ستكون تكاليف التشغيل أقل، طبعا لم نأخذ في الاعتبار هنا تكاليف الصيانة السنوية لأجهزة التكييف التي تتناسب طرديا مع عدد أطنان التبريد.

من المحتمل أن تكون الآن تكاليف استعمال العوازل الحرارية اكثر من التوفير الناتج عن خفض ثمن أجهزة التكييف، غير أن هذا ليس مبررا لعدم استعمالها. وحين نقول إن تكاليف العوازل الحرارية أعلى من التوفير في ثمن أجهزة التكييف فإننا في الواقع نتكلم عن مئات قليلة من الدنانير فقط، وإذا اعتمدنا على الأرقام المتداولة في الكويت فان البيت الذي يحتاج إلى 20 طنا تبريديا تكون مساحته حوالي 450 مترا مربعا، فإذا أضفنا إلى ذلك مساحة الجدران الخارجية وطرحنا مساحة الشبابيك فان المساحة الإجمالية للجدران والأسطح تبلغ حوالي 800 متر مربع.

لنفترض أن أسعار المواد العازلة هي حوالي دينارين كويتيين للمتر المربع الواحد الذي سمكه 5 سم. أن هذا يعني أن التكلفة الإجمالية للمواد العازلة هي حوالي 1600 دينار كويتي، ولنفترض جدلا أنها 2000 دينار، لكننا من جانب آخر افترضنا أن استعمال العوازل الحرارية سيؤدي إلى توفير ثمن خمسة أطنان تبريدية، وحسب الأسعار السائدة في الكويت حاليا فان الطن التبريدي يكلف حوالي 250- 300 دينار. إن التوفير الناتج في هذه

الحالة يبلغ حوالي 1500 دينار تقريبا مقابل حوالي 2000 دينار تكلفة المواد العازلة، إن الفارق بين الرقمين كما يظهر في المثال لا يتعدى مئات قليلة من الدنانير، وإذا أخذناه كنسبة مئوية لتكلفة البيت الإجمالية فانه لن يضيف إلى هذه التكلفة اكثر من ١٪. أن فروق الأسعار من مقاول إلى آخر تزيد عن ١٪ في العادة، ولذلك يمكن القول باطمئنان أن استعمال العوازل الحرارية لن يكلف المستهلك شيئا يذكر بينما سيحصل هو على بيت يمكن العيش فيه حتى ولو انقطع التيار الكهربائي ساعات طويلة.

في دراسة للمهندس عبد الرحيم الرشيد، من وزارة الكهرباء والماء في دولة الكويت، حول تأثير استعمال العوازل الحرارية على الحمل التبريدي في البنايات تبين أن استعمال عوازل حرارية بسمك 5 سم في أسطح وجدران بنايات مختلفة يؤدي إلى تقليل الحمل التبريدي بما يتراوح من 6 , 12- 4 , 34٪ اعتمادا على طبيعة البناء وتصميمه واستعماله، ففي البنايات العامة حيث يكثر المراجعون تبرز الحاجة إلى استعمال كميات كبيرة من الهواء الخارجي الذي يكون على درجة حرارة عالية، في هذه الحالة يشكل تبريد الهواء الخارجي جزءا كبيرا من الحمل التبريدي وهو الأمر الذي لا علاقة للعوازل الحرارية به مما يؤدي إلى تقليل الحمل التبريدي بنسبة قليلة، أما في البيوت السكنية فان الحاجة إلى الهواء الخارجي قليلة بسبب قلة عدد الساكنين في البيت مما يقلل الحمل التبريدي العام المطلوب لتبريد البيت، ففي هذه الحالة يبرز تأثير العوازل الحرارية بشكل واضح فهي تقلل الحمل التبريدي العام بحوالي الثلث[6].

إن استعمال العوازل الحرارية لا يقتصر على البنايات الجديدة فقط بل يمكن عزل البنايات الموجودة والتي بنيت منذ فترة، ففي الدراسة التي أشرنا إليها ظهر أن كمية تسرب الحرارة من خلال سطح البيت السكني تشكل حوالي 21٪ من الحمل التبريدي العام، ولو قمنا بعزل السطح فقط واستطعنا تخفيض معامل انتقال الحرارة إلى ثلث قيمته الأصلية فان هذا كفيل بتقليل الحمل التبريدي بمقدار15٪ تقريبا، ومن الجدير بالملاحظة أن

(6)Abdul Rahim Irshaid, Effects of Thermal Insulation and Means of Heat Rejection an Air conditioning Loads and Their Reflection on Total Building coast in countries of Hot Climates. First Regional Symposium on Thermal . Insulation in The Gulf States, 30. 31 Jan. 1979. Kuwait

عزل أسطح البيوت لن يؤثر على النواحي الجمالية للبيوت بعكس الأمر مع الجدران في البنايات القائمة حيث يطرح عزلها بعض المشكلات الجمالية.

إننا على يقين بأن استعمال العوازل الحرارية في المباني في الكويت ومنطقة الخليج سيؤدي إلى تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في تبريد البيوت، وسيقلل نتيجة لذلك من مشكلات قطع التيار الكهربائي في الصيف حيث تكون الحاجة له كبيرة.

وسائل أخرى متنوعة:

وبالإضافة إلى استعمال العوازل الحرارية فان هناك الكثير من العوامل الأخرى التي تؤثر في الاستجابة الحرارية للبنايات، فبالإضافة إلى تظليل النوافذ ومنع أشعة الشمس من دخول البيت أثناء الصيف فان استعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج (طبقتين من الزجاج) مع وجود مسافة قليلة بين طبقتي الزجاج كفيل بتقليل معامل انتقال الحرارة عبر زجاج النافذة بمقدار النصف، وإذا علمنا أن معامل انتقال الحرارة عبر النوافذ أعلى من ذلك عبر مواد البناء الأخرى توصلنا إلى النتائج الإيجابية المترتبة على استعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج.

هناك جانب آخر يتمثل في لون الطلاء المستعمل لطلاء أسطح الجدران الخارجية، إذ المعلوم أن للألوان خصائص مختلفة بالنسبة لامتصاص أو عكس الإشعاع الشمسي الساقط عليها، فالطلاء الأبيض بإمكانه أن يعكس حوالي 80٪ من الإشعاع الساقط عليه بينما لا يعكس اللون الأسود سوى 3٪. أما (الطابوق) الأحمر فانه لا يعكس اكثر من 23- 30٪ من الإشعاع الساقط، ولذلك فليس في الأمر غرابة حين نلاحظ أن الكثير من مدن الشمال الأفريقي وبخاصة المناطق القديمة فيها قد تميزت تاريخيا بكونها مطلية باللون الأبيض.

إضافة إلى ذلك فان علينا أن لا نهمل إمكان أن يتدخل الإنسان في التأثير على البيئة الخارجية ومحاولة تقليل درجة حرارة الجو المحيطة به، إن أفضل طريقة لذلك هو اللجوء إلى زراعة الأشجار بشكل مكثف، فالأشجار إضافة إلى أنها تضفي صبغة جمالية على المنطقة التي تنبت فيها فإنها توفر مسألة التظليل للأسطح المجاورة مما يحميها من آثار سقوط أشعة

الشمس عليها مباشرة، كذلك فان المياه تتبخر من أوراق الأشجار مما يؤدي إلى تلطيف الأجواء المحيطة، وفوق هذا وذاك فإن أوراق الأشجار في النهار تخرج للجو الأوكسجين من عملية البناء الضوئي وهذا يجعل الجو صحيا بدرجة أكبر.

إن كل هذه العوامل تؤدي إلى تقليل الحمل التبريدي للمباني وبالتالي إلى تقليل كمية الطاقة المطلوبة لتبريدها، إن الاستفادة من المعطيات البيئية أمر ظاهر الأهمية إذ بدون التناغم مع البيئة لن يستطيع الإنسان ضمان رفاهيته لفترة طويلة بل سيدخل في حرب مستمرة تدميرية يستنزف خلالها ما تقع يداه عليه من مصادر طبيعية هي أثمن بكثير من أن يتم تبذيرها لمقاتلة الطبيعة ذاتها.

٩ خصائص المصادر البديلة

يتطلب الاستخدام الفعال للمعطيات الطبيعية المختلفة تطوير الوسائل والأدوات الملائمة، وبدون ذلك لا يمكن للإنسان الحصول إلا على منتجات الطبيعة الجاهزة للاستعمال النهائي دون أي تدخل مباشر من جانبه للتأثير على هذه المعطيات وتطويعها لمصلحته، وقد كان هذا موقفا سلبيا من جانب الإنسان ميز المراحل الأولى من تاريخه التي كانت تعكس واقعه الحضاري المتأخر، إلا أن تدخل الإنسان التدريجي في التعامل مع المعطيات الطبيعية لتحويلها إلى نتاجات تلبي احتياجاته كان يفرض عليه ضرورة اختراع وتطوير الأدوات والوسائل الملائمة لتحقيق ذلك الهدف، و يقينا أن تطويع كل معطى طبيعي جديد كان يفرض على الإنسان تطوير الأدوات والمعرفة الملائمة ووضعها موضع التطبيق العملي، وباختصار كان التعامل مع المعطيات الطبيعية يفرض على الإنسان تطوير التكنولوجيا الملائمة لذلك.

ولم يكن تطوير التكنولوجيا مسألة ذات طابع مجرد أو أكاديمي وهي لن تكون كذلك أبدا، ولم يحصل أن كانت التكنولوجيا مجموعة الآلات والأدوات والمعارف المتراكمة فقط بل كانت باستمرار

وستبقى نتاجا اجتماعيا له أبعاده وتأثيراته ونتائجه على مختلف الأصعدة الحياتية، والواقع أن حياة الإنسان نفسها ونمط معيشته كانت تتأثر وتتغير بالمنجزات التكنولوجية التي يحدثها الإنسان وما يستتبع ذلك من توسيع لقدراته وإمكاناته في التعامل مع المعطيات الطبيعية.

ولو نظرنا إلى موضوع الطاقة في التاريخ البشري لوجدنا أنه قد ترتب على الإنسان ضرورة تطوير التكنولوجيا الملائمة لاستغلال مصادرها ابتداء من صناعة الفأس لتقطيع الأشجار واستخدامها كوقود إلى صناعة أشرعة السفن الشراعية وحتى بناء المفاعلات النووية، والواضح أيضا أن كل خطوة في هذا الاتجاه كانت تنتج تغييرات في نمط حياة الإنسان وتفكيره وأساليب معيشته، وليس أدل على مدى تأثير الطاقة على حياة الإنسان من التغيرات التي شهدها العالم بأسره في مرحلة ما بعد الحرب العالمية الثانية حين اتسع استخدام النفط كمصدر أساسي للطاقة، فقد أدى هذا إلى تسهيل سبل الاتصال والمواصلات وشيوع استعمال وسائل النقل الميكانيكية وبناء محطات الطاقة، وقد أنتجت هذه بدورها العديد من النتائج التي أثرت في كل منحى من حياة الأفراد وعلاقاتهم الاجتماعية وأنماط سكنهم وعملهم وراحتهم ولهوهم، ووصل الأمر إلى الدرجة التي لم يعد في مقدور الفرد منا فيها التفكير بإمكان وجود عالم لا تتوفر فيه مصادر لا تنضب من الطاقة.

إننا نعيش الآن مرحلة العد التنازلي لمصادر الطاقة الأحفورية من فحم وغاز ونفط، تلك المصادر التي أسهمت بشكل فعال في تشكيل نمط حياتنا وتشكيل حتى أنماط سلوكنا الحالية، وقد أدى إدراك هذه الحقيقة إلى أن أخذت المجتمعات المختلفة باتخاذ بعض الإجراءات الهادفة إلى تقليل استهلاكها من الطاقة عبر اتباع مجموعة من الإجراءات الكفيلة بتحقيق ذلك، وليس أدل على ذلك من مجموعة الإجراءات التي اتخذها العديد من الدول عشية التطورات التي شهدها وضع الطاقة على الصعيد العالمي في أواخر عام 1973 حين فرضت إجراءات تحديد السرعة القصوى للسيارات ومنع استخدام بعضها في العطل الأسبوعية ومنع استخدام الإعلانات الضوئية وحتى تحديد مستوى درجات الحرارة داخل المكاتب والمنازل بما فيها وقف استعمال أجهزة التدفئة وتبريد الهواء أحيانا، ناهيك عن رفع

أسعار الطاقة بشكل مستمر خلال السنوات الماضية، ودون شك سنشهد المزيد من هذه الإجراءات الهادفة إلى تكييف أوضاع البشر مع المتاح من مصادر الطاقة الحالية.

لكن استجابة المجتمعات البشرية لم تتوقف عند حدود القبول بالأمر الواقع ومحاولة إطالة عمر المصادر الحالية للطاقة من خلال تقليل الاستهلاك فقط، بل إن المسألة تعدت تلك الحدود إلى العمل الجاد للبحث عن مصادر جديدة للطاقة تكفل تزويد البشر باحتياجاتهم منها، والى أن يتم تطوير المصادر البديلة لتصل إلى المستوى الذي تساهم به في تلبية نسبة عالية من احتياجاتنا من الطاقة فإننا سنعيش مرحلة انتقالية يجب علينا خلالها أن نكيف أنماط معيشتنا لتلائم طبيعة المصادر البديلة، وذلك أمر لا مفر منه.

إن التحدي الكبير الذي يواجه المجتمعات البشرية هو مدى استجابتها للتغيرات التي يفرضها وضع الطاقة العالمي وما إذا كانت ستتمكن من اجتياز مرحلة الاعتماد على المصادر الأحفورية القابلة للنفاذ إلى مصادر أخرى اكثر ديمومة مع ما تفرضها هذه المصادر من تغيرات ضرورية في حياة هذه المجتمعات، ليس بالإمكان التنبؤ من الآن بما ستفرضه المصادر البديلة، إلا أن مهمة التكيف مع الواقع الجديد ستكون أسهل إذا ما أخذنا بعين الاعتبار خصائص هذه الصادر وخصائص التكنولوجيا المطلوبة لاستخدامها وتطويعها لتلبية الاحتياجات البشرية، وسنقوم في هذا الفصل بالنظر إلى هذه الخصائص محاولين استكشاف آفاقها ما أمكننا ذلك.

خصائص مصادر الطاقة البديلة:

إن خصائص مصادر الطاقة وطبيعتها عموما تفرض على الإنسان تطوير التكنولوجيا الملائمة لاستغلالها، ويتضح هذا بجلاء فيما لو نظرنا إلى مصادر الطاقة الشائعة حاليا، فاستخراج النفط مثلا فرض على الإنسان تطوير تكنولوجيا الحفر عميقا في باطن الأرض للوصول إلى منابعه، وفرض عليه تطوير تكنولوجيا تكرير النفط إلى مشتقاته العديدة وتطوير وسائل النقل الملائمة كخطوط الأنابيب الممتدة عبر الصحارى والبحار والمناطق الجليدية ناهيك عن صناعة السفن العملاقة لنقله عبر القارات، وكذلك

الأمر مع المصادر الأخرى كالفحم والغاز وطاقة الانشطار النووي ومصادر طاقة الماء عند مساقط الأنهار إذ أن كل مصدر منها كان يفرض ضرورة تطوير التكنولوجيا الملائمة لاستغلاله، وبالنسبة لمصادر الطاقة البديلة فان خصائصها ستفرض بالضرورة تطوير المناسب من المعرفة والأجهزة والأدوات اللازمة لاستخدامها، وأهم هذه الخصائص ما يلي:

1- إن مصادر الطاقة البديلة المرشحة لأن تلعب دورا هاما في حياة الإنسان وأن تساهم في تلبية نسبة عالية من متطلباته من الطاقة هي مصادر دائمة طويلة الأجل ذلك أنها مرتبطة أساسا بالشمس والطاقة الصادرة عنها، فالطاقة الشمسية التي تحدثنا عنها في فصل سابق هي طاقة الإشعاع الشمسي الصادر عن الشمس والواصل إلى الأرض، وطاقة الهواء والرياح ليست إلا إحدى تجسيدات تأثير هذا الإشعاع الشمسي على الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية وما ينشأ عنه من فروق في الضغوط الجوية من منطقة إلى أخرى الأمر الذي يؤدي إلى هبوب الرياح، أما الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات فهي ليست سوى مخزون الطاقة الشمسية في مياه هذه التجمعات المائية الضخمة وما ينشأ عنه من فروق في درجات الحرارة بين مياه السطح ومياه الأعماق، تلك الفروق التي تشكل مصدرا احتماليا للطاقة بوسع الإنسان استخدامه، والحياة النباتية على الأرض هي نتاج لعملية التمثيل الضوئي التي توفر لها أشعة الشمس مصدر الطاقة المطلوب، أما أمواج البحر-أحد مصادر الطاقة البديلة التي لم نتطرق إليها في الفصول السابقة-فهي نتاج لحركة الرياح التي هي بدورها إحدى أشكال الطاقة الشمسية.

الشمس-كما تقول النظريات العلمية الشائعة-ستعمر خمسة آلاف مليون سنة أخرى، وبالقياس إلى عمر الإنسان على الأرض فان هذه المدة تبدو حقا أبدية. وإذا حدث أن عمر الإنسان الكون طول هذه الفترة فالأغلب أن ما سيشغل ذهنه حينذاك سيكون مسألة أخرى غير توفير مصدر جديد للطاقة، ونتيجة لذلك، يمكننا القول إن مصادر الطاقة البديلة هي مصادر أبدية وأن تعاملنا معها لابد وأن ينطلق من هذا الاعتبار.

2- إن مصادر الطاقة البديلة رغم ديمومتها على المدى البعيد إلا أنها لا تتوفر بشكل منتظم طول الوقت وعلى مدار الساعة، فهي ليست مخزونا

جاهزا نستعمل منه ما نشاء متى نشاء. فمصادر الطاقة البديلة تتوفر أو تختفي بشكل خارج قدرة الإنسان على التحكم فيها أو تحديد مقادير المتوفر منها. فشدة الإشعاع الشمسي مثلا تختلف من وقت إلى آخر طول وقت شروقها في اليوم الواحد، فهو يبدأ من الصفر عند الشروق صباحا ويزداد تدريجيا إلى أن يصل إلى قيمته العظمى في منتصف النهار ليبدأ بعدها بالانخفاض تدريجيا ليصل إلى الصفر مرة أخرى عند الغروب، ولا يتوقف الأمر عند اختلاف شدة الإشعاع الشمسي أثناء النهار الواحد فقط بل إن شدته تختلف من يوم إلى آخر وان كان بشكل دوري، وإذا كان بالإمكان رصد حركة التغير هذه واستنباط المعادلات والقوانين الرياضية الكفيلة بوصفها فان هناك العديد من العوامل التي تؤثر على مقدار كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض، ومن ضمن هذه العوامل الغيوم والأمطار والعواصف الرملية والترابية وكمية بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون في الجو وهي العوامل التي لا يمكن التنبؤ بها جميعا ولا تقدير تأثيراتها على كمية الإشعاع الواصل إلى الأرض.

وتنطبق نفس هذه الملاحظة على مصادر الطاقة البديلة الأخرى كطاقة الهواء والرياح وطاقة أمواج البحر، فحين نتحدث عن الطاقة الهوائية فالمقصود بذلك هو الطاقة الناتجة عن سرعة الهواء، وتدلنا التحليلات النظرية على أن مقدار هذه يتناسب مع مكعب سرعة الهواء، ويعني هذا ببساطة أنه إذا تضاعفت سرعة الهواء فان كمية الطاقة الناتجة تتضاعف بمقدار ثماني مرات، وأما إذا انخفضت إلى النصف فستنخفض الطاقة إلى ثمن قيمتها الأصلية، وكما نعلم فانه من الصعب التنبؤ بالتغيرات اللحظية لسرعة الهواء بينما يمكننا الحديث عن القيمة الوسطى لهذه السرعة خلال الفصول المختلفة، ومع أنه لا يمكن التقليل من أهمية التنبؤ بالقيم الوسطى لسرعة الهواء إلا أن ذلك لا يمنحنا القدرة على التنبؤ بكمية الطاقة الممكن توليدها من محطات الطاقة الهوائية على مدار الساعة، وأما بالنسبة لحركة أمواج البحر فإنها لارتباطها بحركة الرياح تخضع للطبيعة العشوائية لهذه الحركة مما يجعل من الصعب حساب كمية الطاقة المتوفرة في الأمواج في لحظة زمنية معينة، وفي الحديث عن الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات فإننا نتحدث في الواقع عن فروق درجات الحرارة

بين مياه السطح ومياه الأعماق وهي الفروق التي تتغير مقاديرها في الصيف عنها في الشتاء، ومع أن رصد التغيرات هذه اكثر سهولة من حالة رصد مؤشرات أخرى في المصادر البديلة الأخرى إلا أن ذلك لا ينفي حقيقة أننا نتعامل مع ظاهرة ذات طابع متغير.

3- إن شدة الطاقة في المصادر البديلة ليست عالية التركيز، وبالتالي فان استخدام هذه المصادر يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، والواقع أن هذا هو أحد أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة البديلة وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد العوائق أمام انتشارها السريع.

في الفصل الخاص بموضوع الطاقة الشمسية أشرنا إلى أن أعلى كمية للإشعاع الشمسي العمودي على وحدة على سطح الغلاف الغازي للأرض يبلغ 35را كيلوواط على المتر المربع تقريبا، ولاحظنا في الشكل رقم (5) في نفس الفصل أن كمية الإشعاع الشمسي الساقط على المتر المربع الأفقي خلال اليوم الواحد على سطح الغلاف الغازي على خط عرض 30ْ شمال خط الاستواء يتراوح ما بين 6 كيلوواط في أوائل شهر يناير إلى حوالي 12 كيلوواط وقت الانقلاب الصيفي في يونيو، لكن نتيجة لتأثير الغلاف الغازي على أشعة الشمس فان ما تتلقاه وحدة المساحة على سطح الأرض أقل من ذلك ويبلغ في المتوسط حوالي 70-75٪ من قيمة الإشعاع على سطح الغلاف الغازي، وبمعنى آخر فان الإشعاع الساقط طوال اليوم على المتر المربع في الكويت مثلا يتراوح ما بين 4 كيلوواط وقت الانقلاب الشتوي في أواخر ديسمبر إلى حوالي 8 كيلوواط وقت الانقلاب الصيفي في أواخر يونيو.

وبالإضافة إلى ما تقدم فانه ليس بالإمكان الحصول على كل الطاقة من الإشعاع إذ أن ذلك يعتمد على كفاءة الأجهزة المستعملة، فالخلايا الشمسية المستعملة في التحويل المباشر لطاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية لا تعمل بكفاءة تزيد عن 10-12٪، وأما المجمعات الشمسية الحرارية فان كفاءتها تعتمد على درجة الحرارة المطلوبة لكنها لا تزيد عن 40٪ من طاقة الإشعاع الشمسي بمجموعها وإذا ما جرى تحويل الطاقة الحرارية المكتسبة إلى تبريد أو كهرباء فان الكفاءة النهائية تنخفض عن ذلك كثيرا.

والطاقة الهوائية أيضا ليست شديدة التركيز إذ رغم أن هذه الطاقة

تعتمد على مكعب سرعة الهواء فإنها تعتمد في ذات الوقت على كثافته، وكما نعلم فان الهواء خفيف قليل الكثافة الأمر الذي يؤثر على درجة تركيز الطاقة فيه، ولذلك فان زيادة كمية الطاقة الناتجة من الطواحين الهوائية يتطلب زيادة عددها أو تكبير أحجامها، فالطاحونة الهوائية التي قطر مروحتها 20 قدما (6 أمتار تقريبا) وتعمل بكفاءة تعادل 70٪ لا تنتج اكثر من نصف كيلوواط حينما تكون سرعة الهواء 10 أميال في الساعة، وبهذه المناسبة نشير إلى أن معدل سرعة الهواء في الكويت تبالغ حوالي 10 أميال في الساعة.

أما في مجال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات فان العامل المؤثر في استخدام هذا المصدر هو الفارق في درجات الحرارة بين مياه السطح ومياه الأعماق وفي المناطق الملائمة للاستفادة من هذا المصدر يتراوح الفارق ما بين 10- 20 درجة مئوية الأمر الذي ينعكس على الكفاءة المنخفضة لأنظمة الطاقة المستعملة فيها والتي لا تتعدى 2-3٪.

4- تتوفر أشكال مختلفة من الطاقة في مصادر الطاقة البديلة الأمر الذي يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من الطاقة البديلة، فالطاقة الشمسية هي طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المكونة لأشعة الشمس وتتجسد على الأرض بعدة أشكال منها الضوء والحرارة، أما الطاقة الهوائية ففي طاقة حركة الهواء نفسه وهي بذلك طاقة ميكانيكية، وبالنسبة للطاقة في البحار والمحيطات فإنها طاقة حرارية لكن نتيجة لانخفاض درجات الحرارة في مياه البحار والمحيطات فان هذه الطاقة لا تستعمل حراريا بل يجري تحويلها إلى طاقة كهربائية.

وإذا نظرنا إلى مصادر الطاقة الأحفورية نجد أنها الطاقة المخزونة في المواد الهيدروكربونية التي تتكون منها وان الأسلوب الشائع للاستفادة من هذه الطاقة هو تحويلها إلى طاقة حرارية ومن ثم الدخول في سلسلة من عمليات التحويل للحصول على شكل الطاقة النهائي، فمثلا يتطلب إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة الأحفورية ضرورة تحويلها في البداية إلى طاقة حرارية ثم إلى طاقة حركية وبالتالي إلى طاقة كهربائية، أما في مصادر الطاقة البديلة فان بالإمكان إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة بواسطة الخلايا الشمسية أو حراريا بواسطة عمليات التحويل الحراري أو ميكانيكيا

باستخدام الطواحين الهوائية.

وإضافة إلى ما تقدم فان تعدد أشكال الطاقة في مصادر الطاقة البديلة يتيح تلبية المتطلبات من أشكال الطاقة المختلفة التي يحتاجها الإنسان في الاستعمال النهائي، فالطاقة الشمسية يمكنها تزويده بجزء كبير من حاجته من الطاقة الحرارية (مياه ساخنة، تدفئة، بخار)، والطاقة الهوائية يمكنها تلبية جزء من متطلباته من الطاقة الحركية (مضخات المياه، ضاغطات الهواء).

والواقع أن تعدد أشكال الطاقة في مصادر الطاقة البديلة يتفق مع تعدد احتياجات الإنسان من الطاقة ويمثل في ذات الوقت نقطة إيجابية في جانب استغلال هذه المصادر، فبدل الدخول في متاهات تحويل الطاقة من شكل إلى آخر عبر سلسلة من العمليات التي تؤدي إلى إهدار نسبة عالية من مخزون الطاقة الأساسي في المواد الأحفورية فإن مصادر الطاقة تتيح إنتاج الطاقة المطلوبة مباشرة، فالخلايا الشمسية تتيح إمكان إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة والمجمعات الشمسية تنتج طاقة حرارية بينما تنتج الطواحين الهوائية طاقة حركية.

5- إن ضعف تركيز الطاقة في بعض المصادر البديلة والطاقة الشمسية بالذات يتفق مع كثافة الطاقة المطلوبة في العديد من نقاط الاستهلاك، وتتضح صحة هذه العلاقة وتتبلور بشكل أفضل إذا ما اتبعت الإجراءات الكفيلة بتقليل استهلاك الطاقة، ففي الكويت مثلا يبلغ الحمل التبريدي الأقصى في البنايات ذات الطابق الواحد ما يعادل 150 كيلوكالوري للمتر المربع الواحد في الساعة، وفي ظل اتباع إجراءات حفظ الطاقة فإن بالإمكان تقليله إلى ما يعادل 100 كيلو كالوري للمتر المربع في الساعة، إلا أن قيمة الحمل التبريدي تتغير مع اختلاف درجة الحرارة خارج البناية ولذلك سنفترض أن معدل الحمل التبريدي خلال اليوم الواحد يساوي 75 كيلو كالوري للمتر المربع، ويعني هذا أن كل الحمل التبريدي المطلوب خلال اليوم يساوي 1800 كيلو كالوري، وإذا افترضنا أن كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى فعل تبريدي تساوي 25٪ بسبب كفاءة المجمعات الشمسية ومعامل أداء جهاز التبريد الامتصاصي فان الإشعاع الشمسي المطلوب لتحقيق ما تقدم يعادل 7200 كيلو كالوري على المتر المربع في اليوم الواحد، ولو عدنا إلى

الجدول رقم (2) في الفصل الخاص بالطاقة الشمسية لوجدنا أن الإشعاع الشمسي في اليوم يصل إلى حوالي 7000 كيلوكالوري على المتر المربع في اليوم الواحد في الصيف.

يتبين مما تقدم أن ضعف تركيز الطاقة في المصادر البديلة ليس أمرا سلبيا بالضرورة بل انه يتفق في الواقع مع جزء كبير من احتياجاتنا من الطاقة، فحتى لو نظرنا إلى المسألة في فصل الشتاء حين تكون هناك حاجة للتدفئة ويكون الإشعاع الشمسي أقل منه في فصل الصيف فعلينا أن نأخذ بعين الاعتبار أن التدفئة تتطلب تجميع الإشعاع الشمسي على درجات حرارة أقل من تلك المطلوبة للتبريد مما يرفع من كفاءة المجمعات الشمسية إضافة إلى أن التدفئة تعني ضخ الحرارة داخل المبنى الأمر الذي لا يتطلب استعمال وسائل وسيطة تقلل من الكفاءة النهائية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة للاستعمال النهائي.

هذه هي أهم خصائص مصادر الطاقة البديلة التي ستفرض بالضرورة استعمال التكنولوجيا الملائمة لاستغلالها واستخدامها في تلبية متطلبات البشر من الطاقة. وسنتطرق فيما يلي إلى بعض خصائص التكنولوجيا المطلوبة.

خصائص تكنولوجيا مصادر الطاقة البديلة:

حظيت الطاقة الشمسية باهتمام أوسع مما حظيت به المصادر البديلة الأخرى وذلك بسبب توفرها في أرجاء العالم المختلفة وبسبب ضخامة كميات الطاقة التي ترسلها للأرض وبسبب تعدد أشكال استعمالها، وتأتي الطاقة الهوائية في المرتبة الثانية ذلك أن هذا المصدر من الطاقة حظي باهتمام كبير في أواخر القرن الماضي وأوائل القرن الحالي إضافة إلى أن الطاقة الهوائية تتوفر على مستوى العديد من دول العالم، وأما بالنسبة للمصادر البديلة الأخرى كالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات وطاقة المد والجزر فإنها ذات طابع موضعي إذ ليست كل المناطق المأهولة في العالم مناطق بحرية، وليست كل المناطق البحرية ملائمة لاستغلال المصدرين السالفي الذكر وتنطبق ذات الملاحظة على استخراج الوقود من المحاصيل الزراعية الغنية بالكربوهيدرات ذلك أن زراعة هذه المحاصيل لا تتوفر إلا

في مناطق محددة من العالم، وعلى ذلك فان الخصائص التكنولوجية التي سندرجها ترتبط بالطاقة الشمسية والطاقة الهوائية اكثر من غيرها من المصادر الأخرى، لكن هذا لا ينفي أن بعض هذه الخصائص ينطبق على المصادر الأخرى في ذات الوقت:

1- إن الأجهزة والمعدات المطلوبة لاستغلال المصادر البديلة كبيرة الحجم والمساحات وتتطلب توفير المواقع حيث يمكن تركيبها، ولكونها كبيرة الحجم واسعة المساحة فإنها تتطلب كميات كبيرة من المواد الخام لتصنيعها، فزيادة الاستفادة من الطاقة الشمسية تتطلب العمل على زيادة كفاءة المجمعات الشمسية واستعمال أعداد كبيرة منها، ومع ازدياد الحاجة للطاقة تبرز الحاجة إلى استعمال المزيد من المجمعات. وعلى سبيل المثال تحتاج تلبية متطلبات الكويت من الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية إلى مساحة من المجمعات لا تقل عن خمسين كيلومترا مربعا، وإذا أضفنا إلى ذلك المساحة المطلوبة للمنشآت المرافقة وللاعتبارات العملية في إنشاء مثل تلك المحطة فان مساحة المحطة الكلية ستتضاعف مرات عديدة، وبالمقارنة مع المساحة التي تشغلها المحطات الكهربائية العاملة في الكويت في الوقت الحاضر فان المحطة الشمسية اكبر حجما بمرات عديدة وتتطلب مساحات أوسع بكثير مما تتطلبه المحطات الحالية، وأما بالنسبة للطاقة الهوائية فان زيادة قدرتها على استخدام الطاقة الهوائية يتطلب زيادة قطر عجل الطاحونة، إلا أن هناك اعتبارات عملية تلعب دورا في تحديد حجم الطاحونة الأمر الذي يفرض ضرورة زيادة أعداد الطواحين الهوائية، و يظهر فرق الحجم فيما إذا قارنا بين حجم الطاحونة التي يبلغ قطرها حوالي 6 أمتار وتنتج حوالي نصف كيلوواط على سرعة هواء تساوي 10 ميل في الساعة بحجم موتور كهربائي له ذات القوة، فالموتور الكهربائي أصغر بما لا يقارن من حجم الطاحونة.

2- إن تخزين الطاقة بأشكالها المختلفة أمر أساسي في أنظمة استخدام مصادر الطاقة البديلة، فمصادر الطاقة البديلة لا تتميز بطابع الانتظام في تزويد الطاقة ذلك أن توفرها يخضع لاعتبارات كثيرة، فالإشعاع الشمسي كما ذكرنا تتغير شدته أثناء اليوم الواحد ومن يوم إلى آخر وسرعة الهواء تتغير بشكل لحظي وعشوائي في الغالب، ويترتب على ذلك أن العلاقة بين

العرض والطلب في المصادر البديلة أمر شديد التعقيد وحتى تنشأ حالة من التوافق بينهما يجب تخزين الطاقة بأشكال مختلفة.

تفرض مشكلة التخزين مشكلاتها الخاصة وتتطلب تكنولوجيا ملائمة، فحين يكون المطلوب خزن طاقة حرارية لتدفئة بيت مثلا تستعمل خزانات الماء أو خزانات صخرية يتم تحديد حجمها بناء على كمية الطاقة المراد خزنها، وفي العادة تكون حجم الخزانات كبيرة بسبب الخصائص الفيزيائية للمواد المستعملة لخزن الطاقة ولأنه لا يمكن استعمال المخزون إلا في مجال محدد من درجات الحرارة، فالطاقة الحرارية المخزونة في خزان ماء حار لا تستعمل إلا في مجال درجات الحرارة بين 95-80 درجة مئوية، وأما ما دون ذلك فإنها ليست ذات قيمة تذكر لعمليات التبريد.

ومن أجل التغلب على مشكلة الحجم في أنظمة الخزن الحراري يجري إجراء التجارب على بعض الأملاح الكيماوية لخزن الطاقة فيها بواسطة تغيير طورها من حالة إلى أخرى، وفي بعض هذه الأنظمة تؤدي إضافة الحرارة إلى الملح إلى تحليله إلى مكوناته الرئيسية وحين تتحد هذه المكونات مرة أخرى فإنها تقوم بإطلاق الطاقة الحرارية التي اكتسبتها في المقام الأول، إلا أن إحدى المشكلات التي تواجه خزن الطاقة الحرارية في الأملاح تكمن في أن تكرار عملية تحللها واتحاد مكوناتها يؤدي إلى فقدان جزء منها لخصائصه الكيماوية وعجزها بالتالي عن الاتحاد مرة أخرى، ومع ذلك فمن الضروري استعمال الأملاح التي لا تشكل هي أو مكوناتها خطرا على الحياة البشرية أو تكون مصدرا للتلوث، ويفضل أيضا أن تكون رخيصة الثمن ومتوفرة بكميات كافية.

وفي أنظمة الطاقة البديلة ذات القدرات الكبيرة يتطلب الأمر استعمال وسائل خزن غير التي ذكرناها سابقا وبخاصة إذا كان المطلوب خزن الطاقة بغير شكلها الحراري، ومن أهم أنظمة خزن الطاقة في هذا المجال:-

أ- استعمال الطاقة الزائدة. عن الحاجة في ضخ المياه إلى خزان مرتفع وإعادة استخدام الطاقة الكامنة هذه في تشغيل التوربينات وإنتاج الطاقة الكهربائية.

ب- ضغط الهواء تحت ضغوط عالية في خزانات كبيرة تبنى خصيصا لهذا الغرض ومن ثم استعمال الهواء المضغوط في إدارة التوربينات أو

تشغيل الآلات والأدوات المختلفة.

جـ- استعمال الطاقة الزائدة في إنتاج الهيدروجين بالطرق الحرارية أو الكيماوية أو الكهربائية وإعادة استعماله كوقود عند الحاجة.

د- خزن الطاقة الزائدة بشكل طاقة حركية في دولاب الموازنة Fly Wheel في الواقع أن بعض أنظمة خزن الطاقة التي أشرنا إليها هي قيد الاستعمال في بعض محطات الطاقة الحرارية مثل استعمال الطاقة الكهربائية الزائدة عن الحاجة في ضخ المياه إلى خزانات عالية أو في ضغط الهواء في خزانات، وبالنسبة للأنظمة الأخرى فهي في مرحلة البحث والتطوير وإجراء التجارب ودراسة جدواها العملية والاقتصادية.

3- إن المستوى التكنولوجي المطلوب لتصنيع قطاع واسع من أجهزة ومعدات الطاقة الشمسية والهوائية ومعداتها هو في الواقع في متناول معظم دول العالم ذلك أن هذا المستوى ليس مرتفعا ولا معقدا، فصناعة المجمعات الشمسية لا يحتاج إلى أجهزة معقدة ولا تكنولوجيا جد متطورة، وكذلك الأمر مع الطواحين الهوائية التي لا يتطلب تصنيعها ذلك المستوى التكنولوجي المرتفع، ومن المفارقات التاريخية أن الفرس هم أول من اخترع الطاحونة الهوائية واستعملوها في ضخ المياه وقد حصل ذلك قبل حوالي ألفي عام، وإذا كانت القدرة قد توفرت في الماضي السحيق لصناعة الطواحين الهوائية فلا يوجد حقا ما يبرر غيابها في الوقت الحاضر.

ومن الأهمية بمكان أن نؤكد هنا على ضرورة أن تقوم الأمم المختلفة بتصنيع أجهزتها الخاصة باستخدام مصادر الطاقة البديلة ذلك أن هذه المصادر كما ذكرنا تحتاج إلى أجهزة ومعدات كثيرة تحتاج بدورها إلى أموال طائلة لشرائها، والأهم من ذلك هو أن شراء أجهزة استخدام مصادر الطاقة البديلة يعني في الواقع استيراد هذه الطاقة ذاتها، فالمصادر البديلة كمعطيات طبيعية لا تعني الكثير ما لم يجر استغلالها لصالح المجموعة البشرية المعنية وبوساطة المجموعة ذاتها، فالطاقة البديلة أبعد ما تكون في وقتنا الحاضر عن أن تصبح سلعة تصدر إلى الخارج بل على العكس من ذلك فان الأجهزة المطلوبة لاستغلالها هي السلع التي يترتب على من لا ينتجها ضرورة استيرادها، وعلى ذلك فان الدول النفطية التي تعتبر دولا مصدرة للطاقة قد تتحول في المستقبل إلى دول مستوردة للطاقة إذا عجزت

عن تطوير صناعاتها الخاصة بإنتاج الأجهزة المطلوبة لأنظمة الطاقة البديلة، ولتقريب الصورة إلى الذهن نقول أن توفر الماء والأرض في الوطن العربي لا يعني الكثير مادام هذا الوطن يستورد غذاءه من الخارج، وكالأرض والماء كذلك الشمس والهواء وكل معطيات الطبيعة الأخرى التي تتحدد قيمتها وأهميتها بالتفاعل البشري معها.

التطويرات المستقبلة:

مازالت تكنولوجيا الطاقة البديلة في مراحلها الأولى وما زال العالم يتلمس طريقه بحثا عن أفضل السبل والوسائل للتعامل معها، ويقينا بان تكثيف الاهتمام بالمصادر البديلة سيؤدي إلى تطويرات مستقبلية في تكنولوجيا الطاقة البديلة تهدف إلى زيادة كفاءة استغلالها بأرخص التكاليف، ولا يمكننا في هذه المرحلة الحديث عن اختراع معين أو تطوير محدد سيجعل من المصادر البديلة معينا للطاقة لا ينضب وبأرخص التكاليف، إن مثل ذلك الحل السحري ليس مطروحا على جدول أعمال العلماء والباحثين والجهات المختصة بالطاقة البديلة، إلا أن هذا لا يعني غياب جهود البحث والتطوير الهادفة إلى رفع كفاءة التعامل مع المصادر، البديلة بل إن العديد من الدول تخصص المزيد والمزيد من الاعتمادات لتطوير أجهزة جديدة ورفع كفاءة الأجهزة المتوفرة، ويمكننا القول بأن جهود البحث والتطوير تتركز حول مسألة أساسية وهي تقليل كلفة وحدة الطاقة، فالأجهزة المستعملة في أنظمة الطاقة البديلة تقوم بتحويل طاقة المصادر البديلة إلى أحد أشكال الطاقة الملائمة للاستعمال النهائي للبشر، وفي خلال عمر هذه الأجهزة فإنها تقوم بتحويل كمية معينة من الطاقة لقاء تكلفة اقتصادية محددة، وفي تقديرنا أن التطويرات المستقبلة ستتركز بشكل أساسي على زيادة كمية الطاقة الناتجة وتقليل كلفتها، وسعيا نحو تحقيق هذا الهدف يمكننا تحديد ثلاثة مجالات للتطويرات المستقبلية:

١- رفع كفاءة الأجهزة المستعملة حاليا في أنظمة الطاقة البديلة، و يشتمل هذا المجال على زيادة قدرة الأجهزة المستعملة على الاستفادة من الطاقة المتوفرة وتقليل حجم ما تفقده، ففي حديثنا عن الخلايا الشمسية مثلا رأينا أن كفاءتها الحالية لا تتعدى ١٠- ١٢٪ بينما تبلغ كفاءتها النظرية

حوالي 25٪ وبذلك فمازال المجال مفتوحا أمام الباحثين لمضاعفة كفاءة هذه الخلايا، وأما في المجمعات الشمسية الحرارية فهناك مهمات أخرى تتركز حول تحسين مزايا الأسطح الانتقائية لزيادة قدرتها على امتصاص جزء اكبر من طاقة الطيف الشمسي وتقليل ابتعاثها.

2- العمل على تقليل أسعار الأجهزة المستعملة في أنظمة الطاقة البديلة، ومن ضمن التطويرات المحتملة في هذا المجال يمكننا أن نشير إلى إمكان استعمال بعض المواد الرخيصة والى تطوير طرق إنتاج الأجهزة نفسها سواء كان ذلك لتطوير طرق إنتاج جديدة أو الدخول في مرحلة الإنتاج الموسع الذي يؤدي في العادة إلى تقليل كلفة الوحدة من المنتجات، ومن الأمثلة البارزة في هذا المجال التطورات التي شهدتها صناعة الخلايا الشمسية حيث إن سعرها انخفض خلال السنوات الماضية بشكل ملحوظ، ومن بين الأهداف التي وضعتها وزارة الطاقة الأمريكية دعم الأبحاث الهادفة إلى تقليل كلفة الخلايا الشمسية لتصل إلى نصف دولار للواط الواحد في عام 1985 بدل السعر الحالي الذي يتراوح بين 8- 10 دولار للواط الواحد.

3- تحسين خصائص الأجهزة المستعملة في أنظمة الطاقة البديلة لمقاومة آثار الظواهر الطبيعية من إشعاع شمسي ودرجة حرارة وأمطار ورياح وثلوج وعواصف رملية وترابية. فأنظمة الطاقة البديلة ستعمل تحت ظروف طبيعية قاسية تؤثر على كفاءة الأجهزة وعمرها. وبالتالي يتطلب الاستخدام الفعال والاقتصادي للمصادر البديلة ضرورة إنتاج الأجهزة القادرة على تحمل هذه الظواهر وعلى الاحتفاظ بكفاءتها العالية لأطول مدة ممكنة.

هذه هي بعض مجالات التطوير المستقبلي لأجهزة الطاقة البديلة، وبدون شك فإنها ليست المجالات الوحيدة التي ستشهد تطورات مستقبلة بل إن الكثير من الأفكار والآراء القيمة ستظهر مستقبلا كما ستظهر الكثير من المشكلات العملية التي تتطلب حلولا، وستشكل هذه مجتمعة مجموعة تحديات يترتب على العلماء والمختصين والباحثين ضرورة الاستجابة لها وتقديم الحلول العلمية والعملية سعيا نحو تحقيق هدف تطويع المصادر البديلة لخدمة الإنسان.

المؤلف في سطور

د. سعود يوسف عياش

* ولد في جينين بفلسطين عام 1947.

* تخرج في كلية الهندسة الميكانيكية في بغداد عام 1970، ثم حصل على درجة الدكتوراه في الهندسة الميكانيكية من جامعة أدنبره في اسكتلندا عام 1978.

* يعمل حاليا باحثا في قسم الطاقة بمعهد الكويت للأبحاث العلمية.

* قام بنشر العديد من البحوث العلمية في ميكانيك السوائل والطاقة الشمسية منها:

* الإشعاع الشمسي في الكويت، في ندوة العزل الحراري في دول الخليج العربي-الكويت 1979.

* استخدام مصادر الطاقة البديلة في تصميم المساكن الملائمة للبيئة-قطر 1980.

* مستقبل الطاقة الشمسية في دول الخليج العربي (سينشر في مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية أبريل 1981).



ارتقاء الانسان

تأليف: ج. برونوفسكي

ترجمة: د. موفق شخاشيرو

مراجعة: زهير الكرمي